

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-201265

(43) 公開日 平成8年(1996)8月9日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N	11/16	Z		
	11/00	A		

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 12 頁)

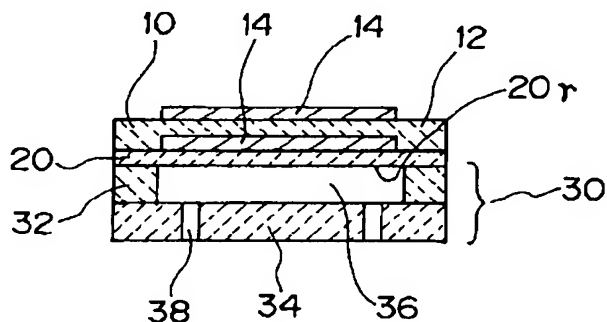
(21) 出願番号	特願平7-112128	(71) 出願人	000004064 日本碍子株式会社 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
(22) 出願日	平成7年(1995)5月10日	(72) 発明者	奥村 英正 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日 本碍子株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平6-291090	(72) 発明者	柴田 和義 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日 本碍子株式会社内
(32) 優先日	平6(1994)11月25日	(72) 発明者	武内 幸久 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日 本碍子株式会社内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	弁理士 渡邊 一平

(54) 【発明の名称】 粘度測定装置及び流体の特性測定装置

(57) 【要約】

【目的】 流動状態の液体であっても簡易かつ再現性よく粘度測定でき、しかも流体の粘度の大小に拘らず良好に測定できる粘度測定装置、および酸性溶液や塩基性溶液の粘度、濃度、密度などの特性を特定するのに有効な流体の特性測定用素子と特性測定装置を提供する。

【構成】 粘度測定装置は、圧電体振動子1と、発振器3と、損失係数監視手段5とを備えている。圧電体振動子1の弾性的性質と流体の粘性抵抗とが、圧電体1の損失係数が粘度測定が可能な程度に変化するように制御されている。特性測定装置は、第1セラミック板20と、この第1セラミック板20の一方の面に設けられた電極14を挟着された圧電体12と、内部に空洞を有し第1セラミック板20と一体焼結された第2セラミック板32と、第2セラミック板32を挟んで第1セラミック板20の他方の面に対向して配設された蓋部材34を備える。第1セラミック板20の他方の面におけるガラス成分を、第1セラミック板20の一方の面より少なくした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電極を挟着された圧電体から成る圧電体振動子と、この圧電体振動子に振動を励起する電圧を印加する電源と、該圧電体の振動に伴う電氣的定数の変化を検出する電氣的定数監視手段と、を備える流体の粘度測定装置であって、

上記圧電体振動子の弾性的性質と流体の粘性抵抗とが、上記圧電体の電氣的定数のいずれか1つが粘度測定を行うに十分な程度に変化するように、制御されて成ることを特徴とする流体の粘度測定装置。

【請求項2】 上記圧電体の電氣的定数が、損失係数、位相、抵抗、リアクタンス、コンダクタンス、サセプタンス、インダクタンス及びキャパシタンスのいずれかであることを特徴とする請求項1記載の粘度測定装置。

【請求項3】 上記圧電体の電氣的定数が損失係数又は位相角の正接の逆数であり、粘度測定に当たって、この損失係数の変化幅の比率が1より大きく500より小さい範囲で変化することを特徴とする請求項2記載の粘度測定装置。

【請求項4】 上記圧電体振動子が、粘度測定に当たって実質的に振幅を伴わないで振動することを特徴とする請求項1～3項のいずれか1つの項に記載の粘度測定装置。

【請求項5】 電極を挟着された圧電体から成る圧電体振動子と、この圧電体振動子に振動を励起する電圧を印加する電源とを備える流体の粘度測定装置であって、上記圧電体振動子の損失係数の変化を検出する損失係数監視手段を備えることを特徴とする粘度測定装置。

【請求項6】 上記電極のいずれか一方と当接する振動板を備え、この振動板の裏面が、粘度測定すべき流体と接触することを特徴とする請求項5記載の粘度測定装置。

【請求項7】 上記振動板の裏面側に、上記圧電体振動子の振動に応じて流体の流動抵抗を増大させる障壁領域を備えることを特徴とする請求項6記載の粘度測定装置。

【請求項8】 上記障壁領域が、上記振動板の裏面を内壁の一つとする空洞により構成され、この空洞は、該裏面以外の少なくとも1つの内壁に、流体が出入り可能な孔部を有することを特徴とする請求項7記載の粘度測定装置。

【請求項9】 上記裏面以外の少なくとも1つの内壁が多孔質板から成ることを特徴とする請求項8記載の粘度測定装置。

【請求項10】 上記孔部が、上記振動板の裏面と対向する内壁に穿設されていることを特徴とする請求項8記載の粘度測定装置。

【請求項11】 上記障壁領域が、上記振動板の裏面に対向して配置されたじゃま板により規定されることを特徴とする請求項7記載の粘度測定装置。

【請求項12】 第1セラミック板と、

該第1セラミック板の一方の面に設けられた電極を挟着された圧電体から成る圧電体振動子と、

内部に空洞を有し該第1セラミック板と一体焼結された第2セラミック板と、

該第2セラミック板を挟んで該第1セラミック板の他方の面に対向して配設された蓋部材と、を備えた流体の特性測定用素子であって、

上記第1セラミック板の他方の面におけるガラス成分を、上記第1セラミック板の一方の面より少なくしたことを特徴とする流体の特性測定用素子。

【請求項13】 請求項12記載の流体の特性測定用素子と、圧電体振動子に振動を励起する電圧を印加する電源と、圧電体の振動変化を検知する監視手段とを備えたことを特徴とする流体の特性測定装置。

【請求項14】 上記監視手段が、圧電体のインピーダンス、アドミッタンス、損失係数、位相、抵抗、リアクタンス、コンダクタンス、サセプタンス、インダクタンス、キャパシタンス及び共振周波数のいずれかを検知することを特徴とする請求項13記載の流体の特性測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、流動状態にある流体の粘度のほか、流体の濃度などの特性を測定する装置に係り、更に詳細には、流体の粘度等流体の特性の大小に拘らず検出精度よく測定することのできる粘度測定装置及び流体の特性測定装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】化学薬品、食品、潤滑油及びカーワックス等のように流体の形態で製造、使用又は販売される製品が多く、これら製品の製造工程を管理したり、性能を保証する上で流体の粘度測定を行うことが重要である。このため、従来から種々の粘度測定法及び測定装置が知られており、例えば、細管法、回転法及び落球法等を例示することができる。しかし、このような細管法等においては、実際に測定しようとする流体からサンプルを抽出し、そのサンプルの粘度を測定しなければならず、製造工程等において流動状態にある流体の粘度を連続的に測定・監視することは困難であった。特に、チキソトロピー性を有するような流体にあっては、所定の流動状態における粘度を精密に測定することは極めて困難であるという問題があった。

【0003】このような問題に対して、圧電体振動子を利用した粘度測定方法及び測定装置が提案されており、例えば、特開平1-311250号、特開平2-213743号及び特開平3-189540号公報には、圧電素子、特に水晶振動子を流体と接触させ、その際の共振周波数又は損失抵抗の変化を利用した粘度測定方法及び測定装置が開示されている。また、特開平3-1480

40号公報には、パイモルフ振動子を流体中所定の振動数で振動させ、その際のインピーダンスを検出することによる粘度測定装置が開示されている。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来の粘度測定方法及び装置において、特開平1-311250号、特開平2-213743号及び特開平3-189540号公報記載のものにあつては、アドミタンス線図の円が実際の粘度測定に当たっては真円にならないため、損失抵抗を円の直径として一義的に規定できず、損失抵抗の再現性が不十分になり易く、検出精度が十分ではない。また、共振周波数近傍の周波数に対応するアドミタンスの変化は、極大と極小の2態様で変化するため、検出精度が十分とは言えない。更に、振動子に取り付けた電極が流体に直接接触するため、この流体の誘電率の影響により、正確な粘度測定ができない場合があるという課題があつた。一方、特開平3-148040号公報記載の粘度測定装置においては、パイモルフ振動子の振幅が比較的大きいため、流体に脈動が発生し、この脈動が粘度測定に悪影響を及ぼす。また、上記同様に、振動子の電極が流体に直接接触するため、流体の誘電率が粘度測定に悪影響を及ぼす場合があるという課題があつた。

【0005】更に、このような従来の粘度測定装置においては、粘度が比較的大きな流体については、ある程度正確な粘度測定ができるものの、粘度が比較的小さな流体については、振動により圧電体振動子自体が受ける機械的抵抗により、圧電体の電気的定数が変化するための構造的制約が大きく、精度良く粘度を測定することができないことがある、という課題があつた。本発明は、このような従来技術の有する課題に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、流動状態の流体であっても簡易且つ再現性よく粘度等の流体特性を測定でき、しかも流体の粘度等の特性の大小に拘らず良好に測定できる粘度測定装置と流体の特性測定装置を提供することにある。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明者は、上記課題を達成すべく鋭意研究した結果、振動子を構成する圧電体の弾性的性質と流体の粘性抵抗等の流体特性との関係を適切に制御することにより、上記目的が達成できることを見出し、本発明を完成するに至った。従つて、本発明の粘度測定装置は、電極を挟着された圧電体から成る圧電体振動子と、この圧電体振動子に振動を励起する電圧を印加する電源と、該圧電体の振動に伴う電気的定数の変化を検出する電気的定数監視手段と、を備える流体の粘度測定装置であつて、上記圧電体振動子の弾性的性質と流体の粘性抵抗とが、上記圧電体の電気的定数のいずれか1つが粘度測定を行うに十分な程度に変化するように、制御されて成ることを特徴とする。

【0007】又、本発明によれば、第1セラミック板と、該第1セラミック板の一方の面に設けられた電極を挟着された圧電体から成る圧電体振動子と、内部に空洞を有し該第1セラミック板と一体焼結された第2セラミック板と、該第2セラミック板を挟んで該第1セラミック板の他方の面に対向して配設された蓋部材と、を備えた流体の特性測定用素子であつて、上記第1セラミック板の他方の面におけるガラス成分を、上記第1セラミック板の一方の面より少なくしたことを特徴とする流体の特性測定用素子、及び、この流体の特性測定用素子と、圧電体振動子に振動を励起する電圧を印加する電源と、圧電体の振動変化を検知する監視手段とを備えたことを特徴とする流体の特性測定装置、が提供される。

#### 【0008】

【作用】本発明の粘度測定装置は、流体中で圧電体振動子を振動させ、その際、この振動子が流体の粘性に基づいて機械的抵抗を受けることにより、振動子を構成する圧電体の電気的定数が変化するのを検出し、流体の粘度を測定するものである。そして、本発明は、この粘度測定に際し圧電体の電気的定数が有意に変化するように、圧電体振動子の弾性的性質と流体の粘性抵抗との大きさを制御することを特徴とするものである。なお、上記電気的定数のうち、共振点近傍における損失係数及び位相は一つの極大又は極小の変化点をもって変化するため、粘度測定の指標として好ましく用いることができる。ここで、「損失係数」は、位相角の正接の逆数の絶対値と定義されるものであり、損失係数の変化と位相角の変化とは実質的に同一である。

【0009】また、本発明の粘度測定装置において、圧電体振動子に取り付けた電極のいずれか一方を振動板で被覆し、この振動板を圧電体振動子により振動させ、振動板と流体とを接触させて粘度測定を行うようにすれば、流体の誘電率が粘度測定に悪影響を及ぼすのを回避できる。この場合、振動板の弾性的性質が圧電体振動子の弾性的性質と合成された大きさとして制御されることになる。更に、上記振動板の裏面側、即ち、流体と接触する側に、振動子の振動に応じて流体の流動抵抗を増大させる障壁領域を設けることにより、振動子が受ける機械的抵抗を調整することができる。従つて、例えば、圧電体振動子の弾性的性質を同一に保ちつつ、比較的粘性の小さな流体の粘度測定を行うことが可能になる。

【0010】なお、本明細書中において、「流体」とは、液体及び気体をいい、水、油、アルコール等の単一成分から成る液体のみならず、この液体に可溶又は不溶な媒質を溶解させた溶液又は懸濁液、或いはこれらの混合溶液等をいうものとする。よつて、スラリー、ペースト及び泥漿等も流体に含まれる。

【0011】以下、本発明の粘度測定装置および流体の特性測定装置について詳細に説明する。本発明の粘度測定装置の基本的原理は、圧電体振動子の振幅と、この振

動子に接触する流体の粘性抵抗とに相関性があることを利用したものである。例えば、振動子の振幅は、流体の粘性抵抗が大きいと小さくなり、粘性抵抗が小さくなれば大きくなる。そして、振動子の振動のような機械系での振動板の振動形態は、電気系での等価回路に置き換えることができ、この場合、振幅は電流値と対応すると考えればよいことになる。また、上記等価回路の振動状態は、共振点近傍で種々の電気的定数の変化を示すが、本発明の粘度測定装置は、これら損失係数、位相、抵抗、リアクタンス、コンダクタンス、サセプタンス、インダクタンス及びキャパシタンス等の電気的定数のうち、等価回路の共振周波数近傍での変化の仕方が極大又は極小の変化点を一つもつ損失係数又は位相を好ましく指標として用いるものである。なお、損失係数又は位相の検知は、他の電気的定数の場合と比較して容易に行うことができる。また、本発明においては、圧電体振動子の分極方向と同一の方向に所定電圧（バイアス電圧）を印加した状態で電気的定数を測定することが望ましい。即ち、分極方向と逆の方向に電界を印加することなく電気的定数を測定するのが好ましく、その際のバイアス電圧は分極時の電圧以下とすることが検出精度の観点から望ましいが、分極時の電圧以上としても何ら構わない。

【0012】尚、上記に於ては、粘度測定装置について述べたが、本発明の原理は、圧電体の振動に対して影響を及ぼす要素が被測定流体に存在すれば、該被測定流体の特性を圧電体の振動変化に関連させることにより測定できるため、流体の粘度測定装置のみに限定されるものではない。即ち、例えば、流体が溶液であって、その溶液の濃度が変化することにより、粘度ないし密度が変化すれば、溶液中での圧電体の振動形態が変化するため、溶液濃度の測定を行うことが可能である。換言すれば、溶液の粘度測定、密度測定、濃度測定を適宜行うことが可能である。因みに、硫酸水溶液の硫酸濃度と粘度との関係は図13に示す通りであり、又、硫酸水溶液の硫酸濃度と密度との関係は図14に示す通りである。従って、硫酸粘度ないし硫酸密度の変化を介して、硫酸濃度を測定することができる。

【0013】より具体的にいえば、後述する図3、図4に示すような構成を有する流体の特性測定装置においては、空洞部36、貫通孔38における流体の等価質量 $m$ （振動する流体の質量）、等価抵抗 $r$ （流体の流れ易さ）、等価弾性率 $c$ （流体の硬さ）は、それぞれ $m = f(\rho)$ 、 $r = g(\eta)$ 、 $c = h(\rho, v)$ （ $\rho$ ：流体密度、 $\eta$ ：流体粘度、 $v$ ：流体中の音速）となって、流体の密度、粘度、および流体中の音速に関連して変化するため、これらの流体の特性変化を圧電体の振動変化に関係づけて測定することができる。

【0014】また本発明では、圧電体の振動形態の変化を、上記したように電気的定数の変化として測定する方が、圧電体の共振周波数の変化の測定に比較して一般に

変化率が大きい望ましいが、圧電体の振動形態の変化を圧電体の電気的定数の変化として測定することに限定されるものではなく、測定精度、耐久性等の観点から特に問題がなければ、共振周波数の変化を利用することができることは言うまでもない。例えば、後述する図3、図4に示すような構成を有する流体の特性測定装置であって、振動板（第1セラミック板）20の裏面20rのガラス成分を、振動板20の圧電体側の面より少なくした装置においては、被測定流体に対する第1セラミック板の濡れ性が良好になるため、圧電体の振動形態の変化を共振周波数の変化として利用することができる。ここで、濡れ性が良好とは、後退接触角にして20度以下、より好ましくは10度以下になることを言う。

【0015】次に、本発明装置に用いる各部材について説明するが、便宜上、粘度測定装置を中心に説明する。まず、圧電体振動子について説明する。この圧電体振動子は、粘度測定すべき流体の粘性抵抗との関係で適当な弾性的性質を有する。ここで、「弾性的性質」とは、振動子が流体中で振動することにより流体に加えられる力の程度を表すもので、例えば、圧電体の丈夫さ、硬さ、厚み及び自己振動のし易さに関連する。一方、「粘性抵抗」とは、振動子が流体中で振動する際に、振動子が流体から受ける力の程度を示すもので、これは流体の粘性に関連する。

【0016】本発明に係る粘度測定において、上記弾性的性質と粘性抵抗の関係としては、弾性的性質の方が粘性抵抗より大きい必要があるが、これのみでは十分ではなく、粘度測定の際の振動による圧電体の電気的定数の変化が有意に検出できるような関係であることが必要である。この関係は、例えば、電気的定数として損失係数を採用した場合には、損失係数の変化幅の比率が1より大きく500より小さい範囲で変化するような関係ということができる。

【0017】本発明の粘度測定装置に用いる圧電体振動子としては、上述の関係を満足するものであれば十分であり、例えば、流体の粘性抵抗が大きい場合には、圧電体振動子の弾性的性質を大きくすればよく、流体の粘性抵抗が小さい場合には、圧電体振動子の弾性的性質を小さくすればよいことになる。例えば、圧電体振動子が板状をなす場合には、この振動子を厚く、硬く、短く形成することにより弾性的性質を大きくでき、薄く、柔らかく、長く形成することにより弾性的性質を小さくできる。

【0018】また、本発明の粘度測定装置においては、上記弾性的性質と粘性抵抗との関係を満足させるべく、圧電体振動子の振動に応じて流体の流動抵抗を増大させる障壁領域を付加することができる。ここで、「流動抵抗」とは、圧電体振動子の振動によって流体が障壁領域内を移動する際に、障壁領域の幾何学的な配置によって受ける力の程度をいう。このように、流体の流動抵抗を

増大させる障壁領域を設けることにより、見かけ上、流体の粘性抵抗を増大させることができるので、圧電体振動子自体の弾性的性質を調整することなく、上記弾性的性質と粘性抵抗との関係を満足させることが可能になる。従って、典型的には、粘性抵抗が小さな流体であっても、圧電体振動子の厚み、硬さを変化させることなく、粘度測定を行うことが可能になる。むしろ障壁領域を設けることにより、圧電体振動子の弾性的性質が影響を受ける（概して大きくなる。）ことがあるが、見かけ上の流体粘性抵抗の増大効果の方が一般的には大きい。

【0019】次に、上記圧電体振動子は、一般に、板状の圧電体の両面に電極を取り付けることにより構成されるが、その形状は特に限定されるものではなく、矩形、円形、これらの組み合わせであってもよい。この圧電体としては、圧電性セラミックスを挙げることができるが、電歪セラミックスや強誘電体セラミックスでもよく、分極処理の有無は問われない。但し、セラミックス以外の材料から構成されてもよく、P V D F（ポリフッ化ビニリデン）に代表される高分子材料から成る圧電体又はこれら高分子とセラミックスとの複合体を用いることもできる。なお、高分子材料を含む場合には、流体が高分子材料に接触しない構成とするのが好ましい。

【0020】上記圧電性セラミックスとしては、ジルコン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガンニオブ酸鉛、アンチモン錫酸鉛、チタン酸鉛、チタン酸バリウム等又はこれらの混合物を含むセラミックスを例示できるが、チタン酸ジルコン酸鉛（P Z T）を含有するセラミックスが好ましい。なお、例示した化合物成分が50重量%以上の主成分として含有されるセラミックスであってもよい。また、上記セラミックスには適宜添加材を加えることも可能であり、例えば、ランタン、カルシウム、ストロンチウム、モリブデン、タンゲステン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、マンガン等の酸化物若しくはこれらの任意の混合物又は他の化合物を添加したセラミックスを使用することができる。マグネシウムニオブ酸鉛とジルコン酸鉛とチタン酸鉛とを主成分とし、更にランタンやストロンチウムを含有するセラミックスを好ましく使用することができる。

【0021】また、上記圧電体は緻密質でも多孔質でもよいが、多孔質の場合、その気孔率は40%以下であるのが好ましい。なお、圧電体の振動方式は特に限定されるものではないが、圧電体が板状をなす場合には、厚み方向に屈曲変位が発現するものであるのが好ましい。但し、圧電体が振動する際の振幅は小さければ小さいほどよく、これにより、流体に脈動を発生することなく、検出精度が一層良好な粘度測定を行うことが可能になる。また、圧電体の厚みも特に限定されるものではなく、測定精度、流体の種類、粘度測定装置の配置場所等に応じて適宜変更できるが、約1~100  $\mu\text{m}$ とするのが好ま

しく、約5~50  $\mu\text{m}$ が更に好ましく、約5~30  $\mu\text{m}$ とするのが一層好ましい。むしろ、圧電体と電極の多層構造体としても構わない。

【0022】次に、電極の材質としては、常温で固体であり導電性を有するものであれば特に限定されるものではなく、アルミニウム、チタン、クロム、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、ニオブ、モリブデン、ルテニウム、ロジウム、銀、錫、タンタル、タンゲステン、イリジウム、白金、金、鉛等を任意の組み合わせで含有する金属又は合金を例示できる。白金、ロジウム、パラジウム等の白金族金属又はこれらを含有する銀-白金、白金-パラジウム等の合金を主成分とするものが電極材料として好ましく、耐久性の観点からは銅、銀及び金が好ましい。

【0023】但し、本発明の粘度測定装置にセラミックス製の振動板を設ける場合において、この振動板と当接させる電極の材質としては、接着剤を用いないで両者を接合することが望ましいことから高融点金属が好ましく、白金、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、イリジウム、チタン、クロム、モリブデン、タンタル、タンゲステン、ニッケル、コバルト等を任意の組み合わせで含有する金属単体又は合金を例示することができる。これらのうち、白金、ロジウム、パラジウム等の白金族金属又はこれらを含有する銀-白金、白金-パラジウム等の合金を主成分とするものが、高融点且つ化学的安定性から特に好ましく用いることができる。また、上記高融点金属と、アルミナ、ジルコニア、シリカ等とを含有するサーメットを用いることもできる。

【0024】電極の厚みは、振動板と当接させる場合も含めて特に限定されるものではないが、通常0.1~50  $\mu\text{m}$ とするのがよい。なお、電極の形成方法としては、いずれの場合も、低コストの観点からスクリーン印刷法を適用できるが、スパッタリング、転写、筆塗り等を適用することも可能である。

【0025】次に、上記振動板について説明する。この振動板は、上記電極のいずれか一方に当接させて配設されるものであって、圧電体振動子の振動に対応して振動する。よって、振動板を配設することにより、電極と流体とが直接接触するのを回避でき、流体の誘電率が粘度測定に悪影響を及ぼすのを回避できる。従って、この構成を利用すれば、流体の粘度変化を検知する相対的な粘度検知以外にも流体の絶対的な粘度検知を精度良く行うことが可能になる。但し、この振動板は本発明において必須の部材ではなく省略することが可能であり、また、振動板を利用する場合であっても電極と流体とが接触してもよいことは言うまでもない。また、振動板の形状は特に限定されるものではなく種々の形状を採ることができ、その厚みとしては、1~100  $\mu\text{m}$ が好ましく、3~50  $\mu\text{m}$ が更に好ましく、5~20  $\mu\text{m}$ が一層好ましい。

【0026】振動板の材質としては、耐熱性、化学的安定性、絶縁性を有する材質が好ましい。この理由は、電極と振動板とを接着剤を用いずに熱圧着又は焼結により接合することがあること、流体が有機溶剤を含有することがあること、電極及びこれと接続されるリード等が導電性を有することからである。以上のような性質を満足するものとしては、耐熱性を有する金属をガラス等のセラミックスで被覆したものやセラミックス自体を例示できるが、セラミックス自体で形成されるのが最も好ましい。

【0027】この場合、使用できるセラミックスとしては、安定化された酸化ジルコニウム、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、ムライト、窒化アルミニウム、窒化珪素及びガラス等を例示できる。これらのうち、安定化された酸化ジルコニウムは、振動板を薄く形成した場合にも機械的強度を高く保てること、韌性に優れること、圧電体及び電極との化学反応性が低いことなどから、好適に使用することができる。

【0028】ここで、上述の「安定化された酸化ジルコニウム」には、安定化酸化ジルコニウムと部分安定化酸化ジルコニウムが含まれる。安定化された酸化ジルコニウムは立方晶等の結晶構造を採るため相転移を起こさないが、完全に安定化されていない酸化ジルコニウムは1000℃前後において単斜晶と正方晶との間で相転移を起こし、この相転移の際にクラックを発生したりする。また、安定化された酸化ジルコニウムは、酸化カルシウム、酸化マグネシウム、酸化イットリウム、酸化スカンジウム、酸化イッテルビウム、酸化セリウム又は希土類金属酸化物等の安定化剤を1～30モル%含有するが、振動板の機械的強度を向上するためには安定化剤に酸化イットリウムが含まれるのが好ましい。この場合、酸化イットリウムの含有量としては、1.5～6モル%が好ましく、2～4モル%が更に好ましい。なお、安定化された酸化ジルコニウムの主たる結晶相は、立方晶と単斜晶との混合系、正方晶と単斜晶との混合系、立方晶と正方晶と単斜晶との混合系、正方晶と立方晶との混合系、正方晶でもよいが、これらのうち長期信頼性を考慮すれば、正方晶、又は正方晶と立方晶とが混在したものがよい。また、安定化された酸化ジルコニウムは、MgO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、粘土等の焼結助剤を適宜含むことができる。

【0029】また、振動板を構成するセラミックスには、0.5～5重量%の酸化珪素が含まれるのが好ましく、1～3重量%の酸化珪素が含まれるのが更に好ましい。これは、圧電体振動子を熱処理により形成する際、酸化珪素によって振動板と圧電体振動子との過剰な反応が回避されるので、良好な圧電体特性を得ることができるからである。なお、振動板がセラミックスから形成される場合には、多数の結晶粒が振動板を構成することに

なるが、結晶粒の平均粒径は、振動板の機械的強度を向上させるため0.05～2μmであることが好ましく、0.1～1μmであるのが更に好ましい。

【0030】次に、圧電体振動子又は振動板の固定について説明する。圧電体振動子又は圧電体振動子を接合された振動板は、これらが振動可能な状態で固定する必要がある。このため、圧電体振動子又は振動板の一部分を固定することになるが、例えば、圧電体振動子及び振動板が板状をなす場合には、その縁部の一部分を固定部材に固定したり、縁部全体又は縁部近傍領域の全体に亘って枠を取り付けることによって固定することができる。なお、圧電体振動子を流体と接触させない構成とする場合には、振動板の縁部全体が枠又は気密封止材によって流体と分離される必要がある。これらの場合、固定部材又は枠の材質としてはセラミックスが好ましく、振動板と同一の材質であっても異なる材質であってもよいが、具体的には、振動板と同様に、安定化された酸化ジルコニウム、ムライト、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、窒化アルミニウム、窒化珪素及びガラス等を例示できる。

#### 【0031】

【実施例】以下、本発明を図面を参照して実施例により説明する。図1は、本発明の粘度測定装置の一例を示す模式図である。同図において、この粘度測定装置は、圧電体振動子1と、周波数可変電源の一例である発振器3と、損失係数監視手段5とを備えている。この発振器3からの信号は正弦波であり、信号電圧は10mV～1V、周波数は100～15MHzの領域で可変のものである。次に、図2に、本発明の粘度測定装置に係る圧電体振動子の一例を示した。この振動子10は、電極14を挟着された圧電体12から構成され、電極14にはそれぞれリード16が接続されており、リード16は、図1に示すように圧電体振動子10と発振器3及び監視手段5とを接続している。

【0032】（実施例1）図2に示す圧電体振動子10を備える粘度測定装置を用い、この圧電体振動子10を流体に浸漬した状態で、電極14間に500mVの信号電圧を印加し、100Hzから500kHzまで周波数掃引した。共振周波数における損失係数Dを測定し、流体の粘度の指標とした。共振点近傍での損失係数Dの変化を図7に示す。なお、図7において、「Da」は共振点より十分低い周波数での損失係数を表し、「Db」は共振点での損失係数を表している。

【0033】（実施例2）PZT粉末を成形し、1250℃で2時間焼成した。得られた焼成体にAgペーストを用いて電極を形成し、次いで、70℃、2kVで15分間分極処理を行い、12mm（縦）×3mm（横）×1mm（厚み）の図2に示すような圧電体振動子を得た。得られた振動子を粘度測定装置に組み込み、この振動子を粘度1000～10万cStのPVA（ポリビニ



ルアルコール)水溶液に浸漬し、振動子を振動させて損失係数の変化を観察した。得られた結果を図8に示す。図8から、1万cSt未満では、振動子を構成する圧電体自体(PZT)の弾性的性質の方がPVA水溶液の粘性抵抗より大きくなるため、振動子はPVA水溶液の粘性抵抗の影響を余り受けずに振動するので、損失係数Dがほぼ一定になることが分かる。よって、本例の場合では、1万cSt未満の粘度を精度良く検出することは困難である。

【0034】(実施例3)図3は、本発明の粘度測定装置の他の実施例を示す分解斜視図であり、図4は、図3に示した粘度測定装置のX-X線に沿った断面図である。図3及び図4において、この粘度測定装置は、圧電体12の両面に電極14を接合して成る圧電体振動子10と、一方の電極14と当接した振動板20と、振動板20の裏面と接合した枠32と、枠32を載置しているベースプレート34とを備えている。

【0035】上記電極14のリード部16は、図示しない発振器及び損失係数監視手段に接続されている。また、振動板20は、枠32によりその縁部周辺のみを固定されており、圧電体12の上下振動に応じて振動することが可能である。なお、圧電体10と振動板20との関係については、圧電体10が振動板20の全面に亘って被覆されている必要はないが、圧電体10の振動(屈曲)による歪みが最大になる領域を被覆していることが好ましい。

【0036】上記粘度測定装置においては、振動板20の裏面20rと、枠32と、ベースプレート34とにより、空洞部36が形成されており、粘度測定すべき流体はベースプレート34に穿設された貫通孔38を介して空洞部36に出入り可能な構成になっている。上記空洞部36は、振動子10及び振動板20の振動に応じて、空洞部36内に存在する流体の流動抵抗を増大する障壁としての機能を果たす。この空洞部36は裏面20rをその内壁の1つとしており、本実施例において、他の内壁は枠32の内周面とベースプレート34の頂面とにより形成されている。貫通孔38は、流体を空洞部36に導入して振動板20と流体とを接触させるために設けられている。従って、流体と振動板20とが接触できさえすれば十分であり、貫通孔38を設ける代わりに上記他の内壁を多孔質体で形成することも可能である。

【0037】[粘度測定装置の製造例及び粘度測定]ジルコニア材料からなる振動板20をドクターブレード法により作製した。また、振動板20同様にジルコニア材料からなる枠32と、ベースプレート34を準備し、振動板20、枠32及びベースプレート34を積み重ねて一体焼成した。得られた焼成体の平面外形は、2mm(縦)×0.7mm(横)であり、振動板20、枠32及びベースプレート34の厚みは、それぞれ0.01、0.5及び0.5mmであり、貫通孔38の直径は30

0μmである。

【0038】上記振動板20の表面(外表面)上に、Ptペーストを焼成後の膜厚が5μmになるようにスクリーン印刷し、120℃で10分間乾燥し、次いで、1350℃で2時間焼成し、電極14(下部電極)を形成した。この電極14上に圧電膜形成ペーストをスクリーン印刷し、120℃で10分乾燥した後、1300℃で3時間焼成し、圧電体12を形成した。更に、下部電極14と同様にして、上部電極14を圧電体12上に形成し、両電極間に電圧を印加することにより、分極処理を行い、図4に示すような粘度測定装置を得た。

【0039】上述のように、本実施例では、圧電体振動子10と振動板20とを焼成して一体成形することにより接合し、有機系の接着剤等は使用しなかった。従って、本実施例の粘度測定装置は、高温下で作動させることができるとともに、たとえ振動子10側に流体を接触させるような使用方法であっても流体の種類によって接着剤の劣化が起こることもないので耐久性に優れる。また、緩衝材として作用する接着剤が存在せず、しかも圧電体振動子及び振動部を薄くできるので検出精度に優れることになる。

【0040】次に、上述のようにして得られた粘度測定装置を粘度10~5000cStのシリコンオイルに浸漬し、貫通孔38を介して空洞部36にシリコンオイルを充填した。振動子10を作動させ、粘度と損失係数を測定した。得られた結果を図9に示す。図9から、本実施例によれば、10~1000cStの範囲では粘度を精度良く測定できるが、1000cStを超えるとシリコンオイルの粘性抵抗の変化に対して損失係数の変化が小さくなり、損失係数DはDaにほぼ収束して一定になるので、1000cStを超える粘度を精度良く測定することが困難であることが分かる。このことは、粘度が1000cStを超えると、振動子10の弾性的性質が流体から受ける機械的抵抗よりも小さくなるため、振動子が流体の粘性抵抗に関係なく振動できなくなり、損失係数Dがほぼ一定になることに起因する。

【0041】(実施例4)実施例3で作製した粘度測定装置において、貫通孔38の直径の大きさを変化させた以外は、実施例3と同様の操作を繰り返し、図10に示すような粘度、損失係数及び貫通孔直径の関係を得た。図10は、貫通孔38の直径の大きさを変化させることにより振動子が流体から受ける機械的抵抗が変化したときの、損失抵抗Dの挙動を示している。この図は、図11のように表すこともでき(図9参照)、図11から、貫通孔直径の大きさを変化させて流動抵抗を調整することにより、広範囲での粘度測定が可能になることが分かる。

【0042】(実施例5)図5及び図6に、本発明の粘度測定装置の更に他の実施例を示す。なお、上記の部材と実質的に同一の部材には同一符号を付し、その説明を

省略する。図5及び図6において、この粘度測定装置では、上記枠32の代わりにスペーサ32'を用いており、また、ベースプレート34'には貫通孔が穿設されていない。そして、このベースプレート34'は流体が流動する際のじゃま板として機能し、流体の流動抵抗を増大させる障壁領域36'を規定している。次に、上記障壁領域36'の寸法を、2mm(縦)×0.7mm(横)×0.1mm(厚み)とし、実施例3と同様に粘度測定を行った結果、図9と同等の結果が得られた。 \*

\*【0043】(実施例6) 実施例3で作製した粘度測定装置を用い、上述のシリコンオイルに浸漬し、信号電圧、振動子10の振幅及び損失係数の測定を行い、得られた結果を表1に示した。表1から、この粘度測定装置では、粘度測定に伴う振動子の振幅が0.0003～0.0564μmであり、ほとんど振幅を伴わないということが分かる。

【0044】

【表1】

V (V)	振幅 (μm)			損失係数 D		
	粘度			粘度		
	10cSt	100cSt	1000cSt	10cSt	100cSt	1000cSt
1	0.0564	0.0203	0.0196	585	203	142
0.9	0.0504	0.0180	0.0174	584	202	141
0.8	0.0429	0.0157	0.0148	580	200	139
0.7	0.0374	0.0139	0.0117	569	198	138
0.6	0.0310	0.0118	0.0111	562	195	136
0.5	0.0259	0.0094	0.0093	585	188	130
0.4	0.0212	0.0077	0.0075	536	186	129
0.3	0.0183	0.0066	0.0065	536	187	131
0.2	0.0117	0.0042	0.0040	539	186	129
0.1	0.0060	0.0022	0.0020	530	185	129
0.09	0.0053	0.0019	0.0018	538	185	129
0.08	0.0049	0.0017	0.0016	529	184	128
0.07	0.0041	0.0015	0.0015	529	183	127
0.06	0.0039	0.0014	0.0013	536	186	130
0.05	0.0029	0.0011	0.0010	545	187	130
0.04	0.0031	0.0012	0.0012	532	185	128
0.03	0.0021	0.0008	0.0007	533	185	129
0.02	0.0011	0.0003	0.0004	532	184	129

【0045】(実施例7) 図3及び図4に示す粘度測定装置と同一の基本構成を有する流体の特性測定用素子及び特性測定装置を説明する。この流体の特性測定用素子は、圧電体12の両面に電極14を接合して成る圧電体振動子10と、一方の電極14と当接した第1セラミック板である振動板20と、振動板(第1セラミック板)20の裏面と接合した第2セラミック板である枠32と、枠(第2セラミック板)32を載置しているベースプレート(蓋部材)34とを備えている。

【0046】上記電極14のリード部16は、図示しない発振器及び損失係数監視手段あるいは共振周波数測定手段などの圧電体の振動変化を検知する監視手段に接続

され、流体の特性測定装置が構成される。また、振動板(第1セラミック板)20は、枠(第2セラミック板)32によりその縁部周辺のみを固定されており、圧電体12の上下振動に応じて振動することが可能である。上記流体の特性測定用素子及び特性測定装置においては、振動板(第1セラミック板)20の裏面20rと、枠(第2セラミック板)32と、ベースプレート(蓋部材)34とにより、空洞部36が形成されており、特性を測定すべき流体はベースプレート(蓋部材)34に穿設された貫通孔38を介して空洞部36に出入り可能な構成になっている。上記空洞部36は、振動子10及び振動板(第1セラミック板)20の振動に応じて、空洞



部36内に存在する流体の流動抵抗を増大する障壁としての機能を果たす。

【0047】この流体の特性測定用素子及び特性測定装置においては、空洞部36を構成する内壁をセラミック材料にて構成する場合には、耐食性に優れるため、硫酸、硝酸、塩酸、塩化ナトリウム、炭酸ナトリウム等の酸性溶液あるいは塩基性溶液の粘度、濃度、密度等の特性を測定するのに有効である。従って、この流体の特性測定装置は、バッテリー液比重あるいはバッテリー液濃度の管理に利用できるため、バッテリーの寿命をモニターする際に有効に用いることができる。

【0048】このように、流体の特性測定用素子及び特性測定装置のうち、振動板（第1セラミック板）および枠（第2セラミック板）をセラミック材料にて形成することが好ましいが、セラミック材料（焼結体）は、一般に焼結助剤に由来するガラス成分が表面に析出しており、概して流体、特に液体に対しての濡れ性が悪い。振動板（第1セラミック板）の圧電体振動子が配設される側は、このガラス成分によって振動子の接着性が確保されるためガラス成分を除くことはせず、一方、振動板（第1セラミック板）のベースプレート（蓋部材）に対向する側は、液体に対する濡れ性を確保するため、ガラス成分を除去することが望ましい。

【0049】上記ガラス成分の除去は、フッ酸処理等の化学的処理、機械的研磨、プラスト処理等の方法により行うことができる。なかでも、振動板（第1セラミック板）の厚さは、圧電体振動子の振動の観点から薄くすることが望ましいため、セラミック板の破損防止に鑑みてフッ酸処理等の化学的処理により、ガラス成分を除去することが好ましい。又、ベースプレート（蓋部材）の材質としては、必ずしもセラミックとする必要はないが、酸性溶液等の腐食性液体を測定する場合には、耐食性を有するポリエチレン、フッ素樹脂などの有機樹脂とすることが望ましい。

【0050】（実施例8）実施例3で説明した製造方法と同様に図4の流体の特性測定用素子を製造した。なお、図4の空洞部36に濃度55%のフッ酸を10分間浸漬させガラス成分を除去した。このようにして得られた流体の特性測定用素子の空洞部36に濃度10~50%の硫酸を充填し、振動子10を振動させ共振周波数を測定した。得られた結果を図15に示す。本実施例から、10~50%の範囲において、硫酸濃度を精度よく測定できることがわかる。

【0051】以上、本発明を実施例により説明したが、本発明はこれら実施例に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内において種々の変形実施が可能である。例えば、空洞部36や障壁領域36'については、流体の流動抵抗を増大できるような形状であれば十分であり、その形状、寸法や貫通孔の個数等は流体の性状等に応じて適宜変更することができる。なお、貫通孔38

の寸法は、（面積／長さ）として1（m<sup>2</sup>/m）以下とするのが好ましい。また、枠32、スペーサ32'の厚みは50μm以上とし、ベースプレート34、34'の面積を適宜大きく構成するのが好ましい。また、圧電体振動子10は必ずしも1個とする必要はなく、複数個設けてもよい。

【0052】更に、実施例3などにおいては、セラミックス材料を一体焼成することにより粘度測定装置を作製したが、これに限定されるものではなく、振動子10、振動板20、枠32及びベースプレート34等は別体で作製し、相互に連結させてもよい。また、実施例5において、スペーサ32'は金属製であってもよく、振動板20をメタライズすることなどにより両者を適切に接合することができる。なお、圧電体振動子10としては、ユニモルフ、バイモルフ、モノモルフの構造をとることが可能である。

【0053】また、振動子を振動させるための電源としては、図1に示した周波数可変電源のみならず、所定の振動子に対して、図7に示したD<sub>b</sub>に対応する周波数近傍の周波数に固定した周波数固定電源を挙げることができる。更には、図12に示したように、特別の周波数発生源を利用しない自励式の発振回路によるものを例示することができる。これらのうちでは、自励式の発振回路によって振動子を振動させる形式のものが、電源自体を安価に作製できるため特に好ましい。なお、図12では、トランジスタを利用した発振回路の例を示したが、その他にもCMOSインバータ、TTLインバータ、コンパレータ等を適宜利用したものを使用することも可能である。

【0054】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、振動子を構成する圧電体の弾性的性質と流体の粘性抵抗との関係を適切に制御することとしたため、流動状態の流体であっても簡易且つ再現性よく粘度測定でき、しかも流体の粘度の大小に拘らず良好に測定できる粘度測定装置を提供することができる。また本発明によれば、硫酸、硝酸、塩酸、塩化ナトリウム、炭酸ナトリウム等の酸性溶液や塩基性溶液の粘度、濃度、密度等の特性を測定するのに有効な流体の特性測定用素子および特性測定装置を提供することができる。従って、バッテリー液比重あるいはバッテリー液濃度の管理に利用でき、バッテリーの寿命をモニターする際に有効に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の粘度測定装置の一例を示す模式図である。

【図2】本発明の粘度測定装置に係る圧電体振動子の一例を示す斜視図である。

【図3】本発明の粘度測定装置の他の例を示す分解斜視図である。

【図4】図3のX-X線に沿った断面図である。

【図5】本発明の粘度測定装置の更に他の例を示す分解斜視図である。

【図6】図5のY-Y線に沿った断面図である。

【図7】周波数と損失係数との関係を示す特性図である。

【図8】粘度と損失係数との関係を示す特性図である。

【図9】粘度と損失係数との関係を示す特性図である。

【図10】貫通孔の寸法を変化させた際の粘度と損失係数との関係を示す特性図である。

【図11】粘度と損失係数との関係を示す特性図である。

【図12】振動子を振動させるための電源の一例を示す\*

\* 回路図である。

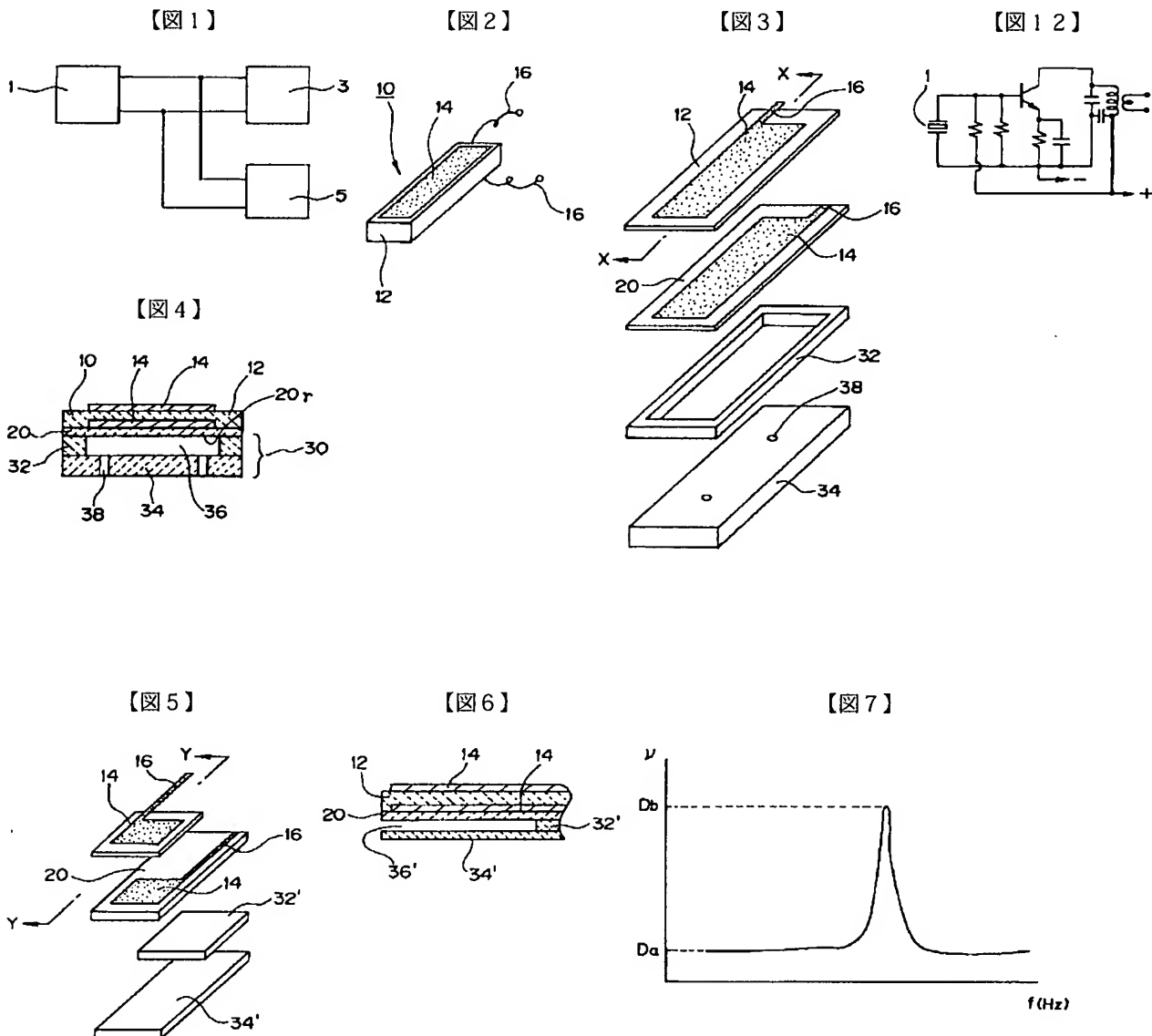
【図13】硫酸水溶液の硫酸濃度と粘度との関係を示す特性図である。

【図14】硫酸水溶液の硫酸濃度と密度との関係を示す特性図である。

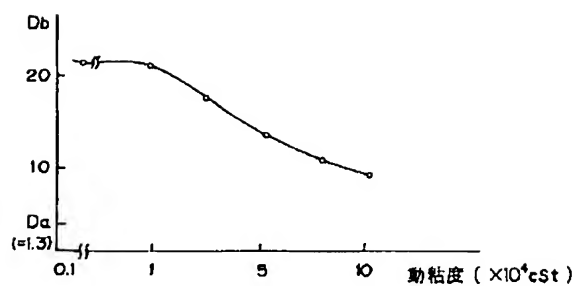
【図15】硫酸水溶液の硫酸濃度と共振周波数との関係を示す特性図である。

【符号の説明】

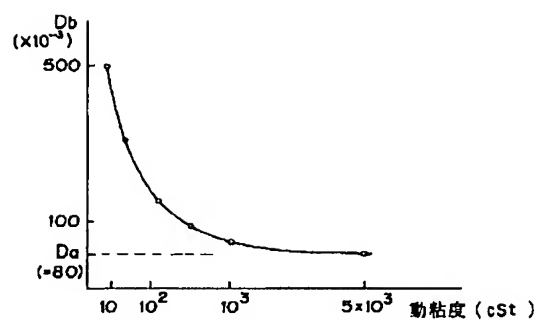
1・・・圧電体振動子、3・・・発振器、5・・・損失係数監視手段、10・・・圧電体振動子、12・・・圧電体、14・・・電極、20・・・振動板、36・・・空洞部、34'・・・じゃま板



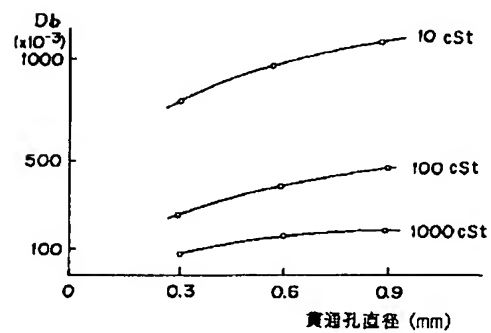
【図8】



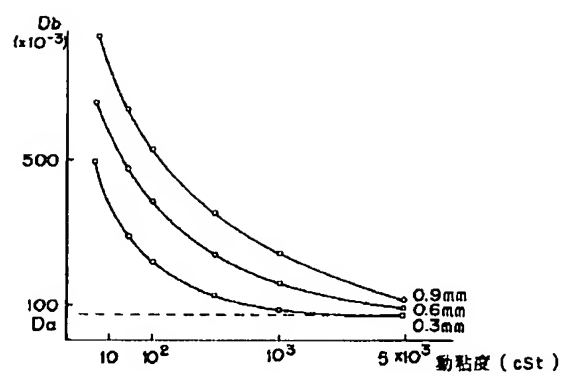
【図9】



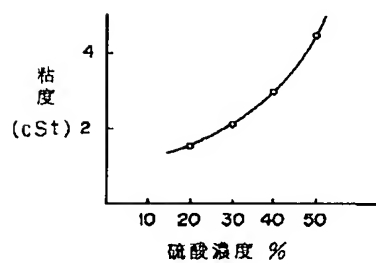
【図10】



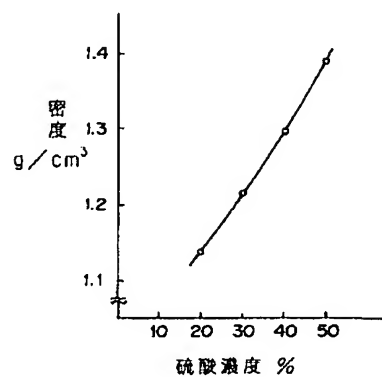
【図11】



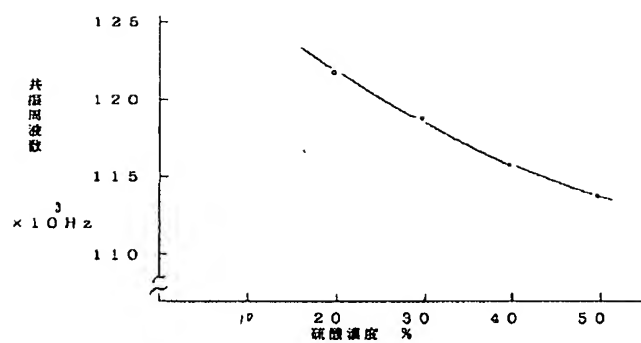
【図13】



【図14】



【図15】



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-201265

(43)Date of publication of application : 09.08.1996

(51)Int.Cl.

G01N 11/16  
G01N 11/00

(21)Application number : 07-112128

(71)Applicant : NGK INSULATORS LTD

(22)Date of filing : 10.05.1995

(72)Inventor : OKUMURA HIDEMASA  
SHIBATA KAZUYOSHI  
TAKEUCHI YUKIHISA

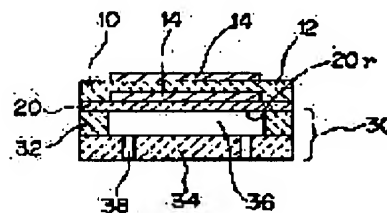
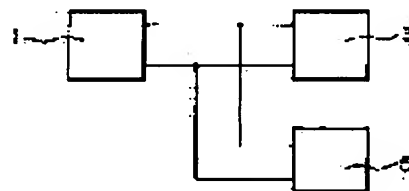
(30)Priority

Priority number : 06291090 Priority date : 25.11.1994 Priority country : JP

**(54) VISCOSITY MEASURING INSTRUMENT AND DEVICE FOR MEASURING CHARACTERISTIC OF FLUID**

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide a viscosity measuring instrument which can easily and excellently measure the viscosity of a liquid with high reproducibility regardless of the magnitude of the viscosity even when the liquid is in a flowing state and an element and device for measuring characteristic of fluid which can be effectively used for specifying such characteristics as the viscosity, concentration, density, etc., of acidic and basic solutions.



**CONSTITUTION:** A viscosity measuring instrument is provided with a piezoelectric vibrator 1, oscillator 3, and loss-factor monitoring means 5. The elastic property of the vibrator 1 and the viscous resistance of a fluid are controlled so that the loss factor of the vibrator 1 can change in such an extent that the viscosity of the fluid can be measured. A characteristic measuring instrument is provided with a first ceramic plate 20, piezoelectric body 12 put between electrodes 14 provided on one surface of the plate 20, second ceramic plate 32 which has an internal void 36 and is integrally sintered with the plate 20, and lid member 34 which is counterposed to the other surface of the plate 20 with the plate 32. The amount of a glass component in the other surface of the plate 20 is made smaller than that in the one

surface.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.08.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3388060

[Date of registration] 10.01.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]



**\* NOTICES \***

**JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The piezo electric crystal vibrator which consists an electrode of the piezo electric crystal by which \*\* arrival was carried out, and the power source which impresses the electrical potential difference which excites an oscillation to this piezo electric crystal vibrator, An electric constant monitor means to detect change of the electric constant accompanying an oscillation of this piezo electric crystal, The viscosity measuring device of the fluid characterized by being controlled and changing so that it may be the viscosity measuring device of preparation \*\*\*\*\* and the elastic property of the above-mentioned piezo electric crystal vibrator and the viscous drag of a fluid may change to sufficient extent for any one of the electric constants of the above-mentioned piezo electric crystal to perform measurement of viscosity.

[Claim 2] The viscosity measuring device according to claim 1 with which the electric constant of the above-mentioned piezo electric crystal is characterized by being either a loss factor, a phase, resistance, a reactance, conductance, a susceptance, an inductance and capacitance.

[Claim 3] The viscosity measuring device according to claim 2 which the electric constant of the above-mentioned piezo electric crystal is a loss factor or the inverse number of the tangent of a phase angle, and is characterized by changing in the range in which the ratio of the change width of face of this loss factor is larger than 1, and smaller than 500 in measurement of viscosity.

[Claim 4] A viscosity measuring device given in any one term of one to claim 3 term characterized by the above-mentioned piezo electric crystal vibrator vibrating without being substantially accompanied by the amplitude in measurement of viscosity.

[Claim 5] The viscosity measuring device characterized by having a loss factor monitor means to be the viscosity measuring device of a fluid equipped with the piezo electric crystal vibrator which consists an electrode of the piezo electric crystal by which \*\* arrival was carried out, and the power source which impresses the electrical potential difference which excites an oscillation to this piezo electric crystal vibrator, and to detect change of the loss factor of the above-mentioned piezo electric crystal vibrator.

[Claim 6] The viscosity measuring device according to claim 5 characterized by contacting the fluid which should be equipped with the diaphragm which contacts either of the above-mentioned electrodes, and the rear face of this diaphragm should carry out measurement of viscosity.

[Claim 7] The viscosity measuring device according to claim 6 characterized by having the obstruction field which increases the flow resistance of a fluid to the rear-face side of the above-mentioned diaphragm according to an oscillation of the above-mentioned piezo electric crystal vibrator.

[Claim 8] It is the viscosity measuring device according to claim 7 which the above-mentioned obstruction field is constituted by the cavity which sets the rear face of the above-mentioned diaphragm to one of the walls, and is characterized by this cavity having the pore to which a fluid can frequent at least one wall other than this rear face.

[Claim 9] The viscosity measuring device according to claim 8 characterized by at least one wall other than the above-mentioned rear face consisting of a porosity plate.

[Claim 10] The viscosity measuring device according to claim 8 characterized by the above-mentioned pore being drilled by the rear face of the above-mentioned diaphragm, and the wall which counters.

[Claim 11] The viscosity measuring device according to claim 7 characterized by specifying the above-mentioned obstruction field by the baffle plate which countered the rear face of the above-mentioned diaphragm and has been arranged.

[Claim 12] The piezo electric crystal vibrator which consists the electrode prepared in one field of the

1st ceramic plate and this 1st ceramic plate of the piezo electric crystal by which \*\* arrival was carried out, The 2nd ceramic plate which has a cavity inside and was this 1st ceramic plate and really sintered, The covering device material countered and arranged in the field of another side of this 1st ceramic plate on both sides of this 2nd ceramic plate, The component for property measurement of the fluid which is the component for property measurement of preparation \*\*\*\*\*, and is characterized by making the glass component in the field of another side of the above-mentioned 1st ceramic plate fewer than one field of the above-mentioned 1st ceramic plate.

[Claim 13] The property measuring device of the fluid characterized by having the component for property measurement of a fluid according to claim 12, the power source which impresses the electrical potential difference which excites an oscillation to piezo electric crystal vibrator, and a monitor means to detect oscillating change of a piezo electric crystal.

[Claim 14] The property measuring device of the fluid according to claim 13 with which the above-mentioned monitor means is characterized by detecting either the impedance of a piezo electric crystal, admittance, a loss factor, a phase, resistance, a reactance, conductance, a susceptance, an inductance, capacitance and resonance frequency.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the equipment which measures properties, such as concentration of a fluid besides the viscosity of the fluid in a floating condition, and relates to the viscosity measuring device which can be measured with a detection precision sufficient irrespective of the size of the property of the viscosity uniform-flow object of a fluid in a detail, and the property measuring device of a fluid further.

[0002]

[Description of the Prior Art] There are many products manufactured, used or sold with the gestalt of a fluid like chemicals, food, a lubricating oil, and car wax, and it is important to perform measurement of viscosity of a fluid, when managing the production process of these products or guaranteeing the engine performance. For this reason, various viscosity determinations and measuring devices are known from the former, for example, a capillary method, a rotation method, a drop method, etc. can be illustrated. However, in such a capillary method etc., it was difficult to measure and supervise continuously the viscosity of the fluid which must extract a sample from the fluid which it is going to measure actually, must measure the viscosity of the sample, and is in a floating condition in a production process etc. Especially the thing for which the viscosity in a predetermined floating condition is measured to a precision if it is in a fluid which has thixotropy nature had the problem of being very difficult.

[0003] The viscosity measuring method and measuring device using piezo electric crystal vibrator are proposed to such a problem, for example, a piezoelectric device, especially a quartz resonator are contacted in a fluid at JP,1-311250,A, JP,2-213743,A, and JP,3-189540,A, and the viscosity measuring method and measuring device using the resonance frequency in that case or change of loss resistance are indicated. Moreover, to JP,3-148040,A, bimorph vibrator is vibrated with vibration frequency predetermined [ in a fluid ], and the viscosity measuring device by detecting the impedance in that case is indicated.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in such a conventional viscosity measuring method and equipment, if it is in a thing JP,1-311250,A, JP,2-213743,A, and given in JP,3-189540,A, since the circle of an admittance chart does not turn into a perfect circle in actual measurement of viscosity, loss resistance cannot be uniquely specified as a diameter of circle, but the repeatability of loss resistance tends to become imperfection, and detection precision is not enough. Moreover, since change of the admittance corresponding to the frequency near the resonance frequency changes in the maximum and the two minimum modes, it cannot be said to be enough [ detection precision ]. Furthermore, in order that the electrode attached in vibrator might contact a fluid directly, the technical problem that exact measurement of viscosity may not be able to be performed occurred under the effect of the dielectric constant of this fluid. On the other hand, in a viscosity measuring device given in JP,3-148040,A, since the amplitude of bimorph vibrator is comparatively large, pulsation occurs in a fluid and this pulsation has an adverse effect on measurement of viscosity. Moreover, like the above, in order that the electrode of vibrator might contact a fluid directly, the technical problem that the dielectric constant of a fluid may have an adverse effect on measurement of viscosity occurred.

[0005] Furthermore, in such a conventional viscosity measuring device, although to some extent exact measurement of viscosity was completed about the fluid with comparatively big viscosity, about the fluid with comparatively small viscosity, the technical problem that structural constraint for the electric

constant of a piezo electric crystal to change was large, and might be unable to measure viscosity with a sufficient precision by the mechanical resistance which the piezo electric crystal vibrator itself receives by oscillation occurred. The place which this invention is made in view of the technical problem which such a conventional technique has, and is made into the object is to offer the viscosity measuring device and the property measuring device of a fluid which can measure fluid characteristics, such as viscosity, with simply and sufficient repeatability even if it is the fluid of a floating condition, and can moreover be measured good irrespective of the size of properties, such as viscosity of a fluid.

[0006]

[Means for Solving the Problem] this invention person came to complete a header and this invention for the ability of the above-mentioned object to be attained by controlling appropriately the relation of the elastic property of a piezo electric crystal and fluid characteristics, such as a viscous drag of a fluid, which constitute vibrator, as a result of inquiring wholeheartedly that the above-mentioned technical problem should be attained. Therefore, the piezo electric crystal vibrator with which the viscosity measuring device of this invention consists an electrode of the piezo electric crystal by which \*\* arrival was carried out, The power source which impresses the electrical potential difference which excites an oscillation to this piezo electric crystal vibrator, and an electric constant monitor means to detect change of the electric constant accompanying an oscillation of this piezo electric crystal, It is the viscosity measuring device of preparation \*\*\*\*\*, and the elastic property of the above-mentioned piezo electric crystal vibrator and the viscous drag of a fluid are characterized by being controlled and changing so that it may change to sufficient extent for any one of the electric constants of the above-mentioned piezo electric crystal to perform measurement of viscosity.

[0007] Moreover, the piezo electric crystal vibrator which consists the electrode prepared in one field of the 1st ceramic plate and this 1st ceramic plate of the piezo electric crystal by which \*\* arrival was carried out according to this invention, The 2nd ceramic plate which has a cavity inside and was this 1st ceramic plate and really sintered, The covering device material countered and arranged in the field of another side of this 1st ceramic plate on both sides of this 2nd ceramic plate, Are the component for property measurement of preparation \*\*\*\*\*, and the glass component in the field of another side of the above-mentioned 1st ceramic plate The component for property measurement of the fluid characterized by making it fewer than one field of the above-mentioned 1st ceramic plate, and the component for property measurement of this fluid, Property measuring device \*\* of the fluid characterized by having the power source which impresses the electrical potential difference which excites an oscillation to piezo electric crystal vibrator, and a monitor means to detect oscillating change of a piezo electric crystal is offered.

[0008]

[Function] When piezo electric crystal vibrator is vibrated in a fluid and this vibrator receives mechanical resistance based on the viscosity of a fluid in that case, the viscosity measuring device of this invention detects that the electric constant of the piezo electric crystal which constitutes vibrator changes, and measures the viscosity of a fluid. And this invention is characterized by controlling the magnitude of the elastic property of piezo electric crystal vibrator, and the viscous drag of a fluid so that the electric constant of a piezo electric crystal may change intentionally on the occasion of this measurement of viscosity. In addition, among the above-mentioned electric constants, since a loss factor and a phase change with the one changing the maximum or minimum point, they can be preferably used as an index of measurement of viscosity. [ / near the resonance point ] Here, a "loss factor" is defined as the absolute value of the inverse number of the tangent of a phase angle, and that of change of a loss factor and change of a phase angle is substantially the same.

[0009] Moreover, in the viscosity measuring device of this invention, if cover with a diaphragm either of the electrodes attached in piezo electric crystal vibrator, this diaphragm is vibrated with piezo electric crystal vibrator, a diaphragm and a fluid are contacted and it is made to perform measurement of viscosity, it is avoidable that the dielectric constant of a fluid has an adverse effect on measurement of viscosity. In this case, the elastic property of a diaphragm will be controlled as the elastic property of piezo electric crystal vibrator, and compounded magnitude. Furthermore, the mechanical resistance which vibrator receives can be adjusted by preparing the obstruction field which increases the flow resistance of a fluid to the side [ rear face / , i.e. contact a fluid, / a side / of the above-mentioned diaphragm ] according to an oscillation of vibrator. It becomes possible to perform viscous measurement of viscosity of a small fluid comparatively, following, for example, keeping the same the elastic property of piezo electric crystal vibrator.

[0010] In addition, a liquid and a gas shall be called "fluid" into this description, and the solution made to dissolve a meltable or insoluble medium not only in the liquid which consists of single components, such as water, an oil, and alcohol, but in this liquid, suspension, or these mixed solutions shall be said. Therefore, a slurry, a paste, slurry, etc. are contained in a fluid.

[0011] Hereafter, the viscosity measuring device of this invention and the property measuring device of a fluid are explained to a detail. It uses that the basal principle of the viscosity measuring device of this invention has functionality in the amplitude of piezo electric crystal vibrator, and the viscous drag of a fluid in contact with this vibrator. For example, the amplitude of vibrator will become large, if the viscous drag of a fluid is large, it will become small and a viscous drag will become small. And the oscillatory-type voice of the diaphragm in a mechanical system like an oscillation of vibrator can be transposed to the equal circuit in an electric system, and what is necessary will be just to think that the amplitude corresponds with a current value in this case. Moreover, although the vibrational state of the above-mentioned equal circuit shows change of various electric constants near the resonance point, the loss factor or phase in which the method of change near the resonance frequency of an equal circuit has the one the maximum or minimum change \*\*\*\* among electric constants, such as these loss factors, a phase, resistance, a reactance, conductance, a susceptance, an inductance, and capacitance, is preferably used for the viscosity measuring device of this invention as an index. In addition, detection of a loss factor or a phase can be easily performed as compared with the case of other electric constants. Moreover, in this invention, it is desirable to measure an electric constant, where a predetermined electrical potential difference (bias voltage) is impressed in the same direction as the direction of polarization of a piezo electric crystal trembler. That is, although it is desirable to measure an electric constant and it is desirable from a viewpoint of detection precision to carry out to below the electrical potential difference at the time of polarization as for the bias voltage in that case, without impressing electric field in the direction of polarization, and the direction of reverse, it does not matter at all as more than the electrical potential difference at the time of polarization.

[0012] In addition, in the above, although the viscosity measuring device was described, if the element which does effect to an oscillation of a piezo electric crystal exists in a measured fluid, since the principle of this invention can be measured by relating the property of this measured fluid to oscillating change of a piezo electric crystal, it is not limited only to the viscosity measuring device of a fluid. That is, for example, a fluid is a solution, and if viscosity thru/or a consistency change when the concentration of the solution changes, since the oscillatory-type voice of the piezo electric crystal in the inside of a solution will change, it is possible to measure solution concentration. If it puts in another way, it is possible to perform suitably measurement of viscosity of a solution, density measurement, and density measurement. Incidentally, the relation between the sulfuric-acid concentration of a sulfuric-acid water solution and viscosity is as being shown in drawing 13, and the relation between the sulfuric-acid concentration of a sulfuric-acid water solution and a consistency is as being shown in drawing 14. Therefore, sulfuric-acid concentration can be measured through change of sulfuric-acid viscosity thru/or a sulfuric-acid consistency.

[0013] In the property measuring device of the fluid having a configuration as shown in drawing 3 mentioned later and drawing 4, speaking more concretely The equivalent mass  $m$  of the fluid in the cavernous section 36 and a breakthrough 38 (mass of the vibrating fluid), equivalent resistance  $r$  (the ease of flowing of a fluid), and the equivalence elastic modulus  $c$  (hardness of a fluid) In order to become  $m=f(\rho)$ ,  $r=g(\eta)$ , and  $c=h(\rho, v)$  ( $\rho$ : acoustic velocity in fluid density,  $\eta$ : fluid viscosity, and  $v$ : fluid), respectively and to change in relation to the acoustic velocity in the consistency of a fluid, viscosity, and a fluid, Property change of these fluids can be connected with oscillating change of a piezo electric crystal, and can be measured.

[0014] Moreover, the direction which measures change of the oscillatory-type voice of a piezo electric crystal as change of an electric constant in this invention as described above Although it is generally desirable as compared with measurement of change of the resonance frequency of a piezo electric crystal since rate of change is large, it is not what is limited to measuring change of the oscillatory-type voice of a piezo electric crystal as change of the electric constant of a piezo electric crystal. It cannot be overemphasized that change of resonance frequency can be used especially from viewpoints, such as the accuracy of measurement and endurance, if satisfactory. For example, it is the property measuring device of the fluid which has drawing 3 mentioned later and a configuration as shown in drawing 4, and in the equipment which made the glass component of rear-face 20r of a diaphragm (the 1st ceramic plate) 20 fewer than the field by the side of the piezo electric crystal of a diaphragm 20, since the

wettability of the 1st ceramic plate to a measured fluid becomes good, change of the oscillatory-type voice of a piezo electric crystal can be used as change of resonance frequency. Here, it says wettability using fitness as a reducing contact angle, and becoming 10 or less degrees more preferably 20 or less degrees.

[0015] Next, although each part material used for this invention equipment is explained, it explains centering on a viscosity measuring device for convenience. First, piezo electric crystal vibrator is explained. This piezo electric crystal vibrator has a suitable elastic property by relation with the viscous drag of the fluid which should be carried out measurement of viscosity. Here, an "elastic property" expresses extent of the force applied to a fluid when vibrator vibrates in a fluid, and it relates to the ease of carrying out of the ruggedness of a piezo electric crystal, hardness, thickness, and self-excited vibration. On the other hand, extent of the force in which vibrator receives a "viscous drag" from a fluid in case vibrator vibrates in a fluid is shown, and this relates to the viscosity of a fluid.

[0016] In the measurement of viscosity concerning this invention, as the above-mentioned elastic property and relation of a viscous drag, although the elastic property needs to be larger than a viscous drag, just this is not enough and it is required to be the relation which change of the electric constant of the piezo electric crystal by the oscillation in the case of measurement of viscosity can detect intentionally. This relation can be called relation which changes in the range in which the ratio of the change width of face of a loss factor is larger than 1, and smaller than 500 when a loss factor is adopted as an electric constant.

[0017] When the viscous drag of a fluid is small, what is necessary will be just to fully make small the elastic property of piezo electric crystal vibrator that what is necessary is just to enlarge the elastic property of piezo electric crystal vibrator as piezo electric crystal vibrator used for the viscosity measuring device of this invention, when the viscous drag of a fluid is large if above-mentioned relation is satisfied. For example, when piezo electric crystal vibrator makes tabular, by being thick and forming this vibrator firmly and short, an elastic property can be enlarged and an elastic property can be made small by forming thinly, softly, and for a long time.

[0018] Moreover, in the viscosity measuring device of this invention, the obstruction field which increases the flow resistance of a fluid according to an oscillation of piezo electric crystal vibrator can be added in order to satisfy the relation between the above-mentioned elastic property and a viscous drag. Here, "flow resistance" means extent of the force received by geometric arrangement of an obstruction field, in case a fluid moves by oscillation of piezo electric crystal vibrator in the inside of an obstruction field. Thus, it becomes possible to satisfy the relation between the above-mentioned elastic property and a viscous drag, without adjusting the elastic property of the piezo electric crystal vibrator itself, since the viscous drag of a fluid can be seemingly increased by preparing the obstruction field which increases the flow resistance of a fluid. Therefore, it becomes possible to perform measurement of viscosity, without changing the thickness of piezo electric crystal vibrator, hardness, etc. typically, even if a viscous drag is a small fluid. Although there is what the elastic property of piezo electric crystal vibrator is influenced for by preparing an obstruction field (it becomes large generally.) of course, generally the enhancement effect of the fluid viscous drag on appearance is larger.

[0019] Next, although the above-mentioned piezo electric crystal vibrator is generally constituted by attaching an electrode in both sides of a tabular piezo electric crystal, especially the configuration may not be limited and may be a rectangle, circular, and such combination. As this piezo electric crystal, although piezoelectric ceramics can be mentioned, the electrostriction ceramics and the ferroelectric ceramics are sufficient and the existence of polarization processing is not asked. However, you may consist of ingredients other than the ceramics, and the piezo electric crystal which consists of the polymeric materials represented by PVDF (polyvinylidene fluoride), or the complex of these macromolecules and the ceramics can also be used. In addition, when polymeric materials are included, it is desirable that a fluid considers as the configuration which does not contact polymeric materials.

[0020] Although the ceramics containing such mixture, such as lead zirconate, magnesium lead niobate, nickel lead niobate, lead zinc niobate, manganese lead niobate, antimony stannic acid lead, lead titanate, and barium titanate, can be illustrated as the above-mentioned piezoelectric ceramics, the ceramics containing titanate-acid lead zirconate (PZT) is desirable. In addition, the illustrated compound component may be the ceramics contained as 50% of the weight or more of a principal component. Moreover, it is also possible to add add-in material to the above-mentioned ceramics suitably, for example, the ceramics which added oxides, such as a lanthanum, calcium, strontium, molybdenum, a tungsten, barium, niobium, zinc, nickel, and manganese, the mixture of such arbitration, or other



compounds can be used. Magnesium lead niobate, lead zirconate, and lead titanate can be used as a principal component, and the ceramics which contains a lanthanum and strontium further can be used preferably.

[0021] Moreover, although the substantia compacta or porosity is sufficient as the above-mentioned piezo electric crystal, in the case of porosity, it is desirable [ the porosity ] that it is 40% or less. in addition -- the case where a piezo electric crystal makes tabular although especially the oscillating method of a piezo electric crystal is not limited -- the thickness direction -- crookedness -- it is desirable that it is what a variation rate discovers. However, the more the amplitude at the time of a piezo electric crystal vibrating is small, the more, it is good, and thereby, it enables detection precision to perform much more good measurement of viscosity, without generating pulsation in a fluid. Moreover, although especially the thickness of a piezo electric crystal is not limited, either and it can change suitably according to the accuracy of measurement, the class of fluid, the arrangement location of a viscosity measuring device, etc., it is desirable to be referred to as about 1-100 micrometers, about 5-50 micrometers is still more desirable, and it is much more desirable to be referred to as about 5-30 micrometers. Of course, it does not matter as a piezo electric crystal and a multilayer-structure object of an electrode.

[0022] Next, as construction material of an electrode, it is a solid-state in ordinary temperature, and it is not limited especially if it has conductivity, and the metal or alloy which contains aluminum, titanium, chromium, iron, cobalt, nickel, copper, zinc, niobium, molybdenum, a ruthenium, a rhodium, silver, tin, a tantalum, a tungsten, iridium, platinum, gold, lead, etc. in the combination of arbitration can be illustrated. What uses alloys containing platinum metals, such as platinum, a rhodium, and palladium, or these, such as silver-platinum and platinum-palladium, as a principal component is desirable as an electrode material, and copper, silver, and gold are desirable from a viewpoint of endurance.

[0023] However, since it is desirable to join both without using adhesives as construction material of the electrode made to contact this diaphragm when forming the diaphragm made from the ceramics in the viscosity measuring device of this invention, a refractory metal is desirable, and the metal simple substance or alloy which contains platinum, a ruthenium, a rhodium, palladium, iridium, titanium, chromium, molybdenum, a tantalum, a tungsten, nickel, cobalt, etc. in the combination of arbitration can be illustrated. What is used as a principal component can use especially alloys containing platinum metals, such as platinum, a rhodium, and palladium, or these, such as silver-platinum and platinum-palladium, preferably from high-melting and chemical stability among these. Moreover, the cermet containing the above-mentioned refractory metal, an alumina and a zirconia, a silica, etc. can also be used.

[0024] Although the thickness of an electrode is not limited including [ especially ] also when making it contact a diaphragm, it is good to usually be referred to as 0.1-50 micrometers. In addition, as the formation approach of an electrode, in any case, screen printing is applicable from a viewpoint of low cost, but it is also possible to apply sputtering, an imprint, brush coating, etc.

[0025] Next, the above-mentioned diaphragm is explained. This diaphragm is made to contact either of the above-mentioned electrodes, is arranged, and vibrates corresponding to an oscillation of piezo electric crystal vibrator. Therefore, by arranging a diaphragm, it can avoid that an electrode and a fluid contact directly and can avoid that the dielectric constant of a fluid has an adverse effect on measurement of viscosity. Therefore, if this configuration is used, it will become possible to perform absolute viscosity detection of a fluid with a sufficient precision besides the relative viscosity detection which detects viscosity change of a fluid. However, in this invention, this diaphragm can be omitted not an indispensable member but, and cannot be overemphasized by that it may be the case where a diaphragm is used or an electrode and a fluid may contact. Moreover, it is not limited, can take various configurations, as the thickness, especially the configuration of a diaphragm has desirable 1-100 micrometers, is still more desirable, and is much more desirable. [ of 5-20 micrometers ] [ of 3-50 micrometers ]

[0026] As construction material of a diaphragm, the construction material which has thermal resistance, chemical stability, and insulation is desirable. This reason is from the lead connected with that an electrode and a diaphragm may be joined by thermocompression bonding or sintering, without using adhesives, that a fluid may contain an organic solvent, an electrode, and this having conductivity. Although the thing and the ceramics itself which covered the metal which has thermal resistance with ceramics, such as glass, as what satisfies the above properties can be illustrated, being formed with the ceramics itself is most desirable.

[0027] In this case, as ceramics which can be used, the stable zirconium dioxide, an aluminum oxide, a magnesium oxide, an aluminum oxide, a magnesium oxide, a mullite, alumimium nitride, silicon nitride, glass, etc. can be illustrated. Among these, also when a diaphragm is formed thinly, chemical reactivity with that a mechanical strength can be kept high, excelling in toughness, a piezo electric crystal, and an electrode can use the stable zirconium dioxide suitably from a low thing etc.

[0028] Here, a stabilization zirconium dioxide and a partial stabilization zirconium dioxide are contained in above-mentioned "stable zirconium dioxide." Although phase transition is not caused in order that the stable zirconium dioxide may take crystal structures, such as a cubic, the zirconium dioxide which is not stabilized thoroughly generates a crack for phase transition between a monoclinic system and \*\*\*\*\* before and after 1000 degrees C in the case of a lifting and this phase transition. moreover, the stable zirconium dioxide -- stabilizing agents, such as a calcium oxide, magnesium oxide, an oxidization yttrium, scandium oxide, an oxidization ytterbium, cerium oxide, or a rare earth metallic oxide, -- 1-30-mol % -- although contained, in order to improve the mechanical strength of a diaphragm, it is desirable that yttrium oxide is contained in a stabilizing agent. In this case, as a content of yttrium oxide, 1.5-6-mol % is desirable, and 2-4-mol % is still more desirable. In addition, although the mixed stock of a cubic and a monoclinic system, the mixed stock of \*\*\*\*\* and a monoclinic system, the mixed stock of a cubic, \*\*\*\*\* and a monoclinic system, the mixed stock of \*\*\*\*\* and a cubic, and \*\*\*\*\* are sufficient as it, if dependability is taken into consideration among these over a long period of time, that in which \*\*\*\*\* or \*\*\*\*\* and a cubic were intermingled is good [ the main crystal phase of the stable zirconium dioxide ]. Moreover, the stable zirconium dioxide can contain suitably sintering acid, such as MgO, aluminum2O3, SiO2, and clay.

[0029] Moreover, it is desirable that 0.5 - 5% of the weight of oxidation silicon is contained in the ceramics which constitutes a diaphragm, and it is still more desirable that 1 - 3% of the weight of oxidation silicon is contained. This is because the superfluous reaction of a diaphragm and piezo electric crystal vibrator is avoided with oxidation silicon in case piezo electric crystal vibrator is formed by heat treatment, so a good piezo electric crystal property can be acquired. In addition, in order to raise the mechanical strength of a diaphragm, as for the mean particle diameter of crystal grain, it is desirable that it is 0.05-2 micrometers, and it is still more desirable [ when a diaphragm is formed from the ceramics, much crystal grain will constitute a diaphragm, but ] that it is 0.1-1 micrometer.

[0030] Next, immobilization of piezo electric crystal vibrator or a diaphragm is explained. It is necessary to fix the diaphragm to which piezo electric crystal vibrator or piezo electric crystal vibrator was joined in the condition that these can vibrate. For this reason, although some of piezo electric crystal vibrator or diaphragms will be fixed, when piezo electric crystal vibrator and a diaphragm make tabular, it can fix by fixing a part of that edge to a holddown member, or covering the whole edge or the whole field near the edge, and attaching a frame, for example. In addition, when considering piezo electric crystal vibrator as the configuration which is not contacted in a fluid, the whole edge of a diaphragm needs to be separated by a frame or the airtight sealing agent with a fluid. Although you may be construction material which is different in these cases even if the ceramics is desirable and is the same construction material as a diaphragm as construction material of a holddown member or a frame, specifically, the stable zirconium dioxide, a mullite, an aluminum oxide, a magnesium oxide, alumimium nitride, silicon nitride, glass as well as a diaphragm, etc. can be illustrated.

[0031]

[Example] Hereafter, with reference to a drawing, an example explains this invention. Drawing 1 is the mimetic diagram showing an example of the viscosity measuring device of this invention. This viscosity measuring device is equipped with the piezo electric crystal vibrator 1, the oscillator 3 which is an example of a frequency adjustable power source, and the loss factor monitor means 5 in this drawing. The signal from this oscillator 3 is a sine wave, and a signal level is a thing adjustable in a 100-15MHz field in 10mV-1V and a frequency. Next, an example of the piezo electric crystal vibrator applied to the viscosity measuring device of this invention at drawing 2 was shown. The lead 16 has connected the piezo electric crystal vibrator 10, the oscillator 3, and the monitor means 5, as it consists of piezo electric crystals 12 by which \*\* arrival was carried out, the lead 16 is connected to the electrode 14, respectively and this vibrator 10 shows an electrode 14 to drawing 1 .

[0032] (Example 1) Using the viscosity measuring device equipped with the piezo electric crystal vibrator 10 shown in drawing 2 , in the condition that this piezo electric crystal vibrator 10 was immersed in the fluid, the signal level of 500mV was impressed between electrodes 14, and the frequency sweep was carried out from 100Hz to 500kHz. The loss factor D in resonance frequency was

measured, and it considered as the index of the viscosity of a fluid. Change of the loss factor D near the resonance point is shown in drawing 7. In addition, in drawing 7, "Da" expresses the loss factor in a frequency sufficiently lower than the resonance point, and "Db" expresses the loss factor in the resonance point.

[0033] (Example 2) PZT powder was fabricated and it calcinated at 1250 degrees C for 2 hours. Ag paste was used for the acquired baking object, the electrode was formed, subsequently, polarization processing was performed for 15 minutes by 70 degrees C and 2kV, and piezo electric crystal vibrator as shown in 12mm(length) x3mm(width) x1mm (thickness) drawing 2 was obtained. the obtained vibrator - a viscosity measuring device -- incorporating -- this vibrator -- viscosity 1000-100,000 -- it was immersed in the PVA (polyvinyl alcohol) water solution of cSt, vibrator was vibrated, and change of a loss factor was observed. The obtained result is shown in drawing 8. Since the direction of the elastic property of the piezo electric crystal (PZT) itself which constitutes vibrator from less than 10,000 cSts becomes larger than the viscous drag of a PVA water solution and vibrator vibrates from drawing 8, without seldom being influenced of the viscous drag of a PVA water solution, it turns out that a loss factor D becomes almost fixed. Therefore, it is difficult to detect the viscosity of less than 10,000 cSts with a sufficient precision in the case of this example.

[0034] (Example 3) Drawing 3 is the decomposition perspective view showing other examples of the viscosity measuring device of this invention, and drawing 4 is the sectional view which met X-X-ray of the viscosity measuring device shown in drawing 3. In drawing 3 and drawing 4, this viscosity measuring device equips both sides of a piezo electric crystal 12 with the piezo electric crystal vibrator 10 which joins an electrode 14 and changes, the diaphragm 20 which contacted one electrode 14, the frame 32 joined to the rear face of a diaphragm 20, and the base plate 34 which is laying the frame 32.

[0035] The lead section 16 of the above-mentioned electrode 14 is connected to the oscillator and loss factor monitor means which are not illustrated. Moreover, only the circumference of a edge is fixed with a frame 32, and a diaphragm 20 can be vibrated according to the vertical vibration of a piezo electric crystal 12. In addition, although a piezo electric crystal 10 continues all over a diaphragm 20 and does not need to be covered about the relation between a piezo electric crystal 10 and a diaphragm 20, it is desirable to have covered the field where distortion by oscillation (crookedness) of a piezo electric crystal 10 becomes max.

[0036] In the above-mentioned viscosity measuring device, the cavernous section 36 is formed with rear-face 20r of a diaphragm 20, the frame 32, and the base plate 34, and the fluid which should be carried out measurement of viscosity has composition which can frequent the cavernous section 36 through the breakthrough 38 drilled by the base plate 34. The above-mentioned cavernous section 36 achieves the function as an obstruction which increases the flow resistance of the fluid which exists in the cavernous section 36 according to an oscillation of vibrator 10 and a diaphragm 20. This cavernous section 36 is setting rear-face 20r to one of the wall of that, and other walls are formed of the inner skin of a frame 32, and the top face of a base plate 34 in this example. The breakthrough 38 is formed in order to introduce a fluid into the cavernous section 36 and to contact a diaphragm 20 and a fluid.

Therefore, if only it can contact a fluid and a diaphragm 20, it is enough, and it is also possible to form a wall besides the above by the porous body instead of forming a breakthrough 38.

[0037] The diaphragm 20 which consists of an example of manufacture of a viscosity measuring device and a [measurement-of-viscosity] zirconia ingredient was produced with the doctor blade method. Moreover, the frame 32 as for which a diaphragm 20 becomes the same from a zirconia ingredient, and the base plate 34 were prepared, and the diaphragm 20, the frame 32, and the base plate 34 were accumulated, and were really calcinated. the flat-surface appearance of the acquired baking object -- 2mm(length) x0.7mm (width) -- it is -- the thickness of a diaphragm 20, a frame 32, and a base plate 34 -- respectively -- 0. -- it is 0.1, 0.5, and 0.5mm, and the diameter of a breakthrough 38 is 300 micrometers.

[0038] On the front face (outside surface) of the above-mentioned diaphragm 20, it screen-stenciled so that the thickness after calcinating Pt paste might be set to 5 micrometers, it dried for 10 minutes at 120 degrees C, and subsequently, it calcinated at 1350 degrees C for 2 hours, and the electrode 14 (lower electrode) was formed. After screen-stenciling the piezoelectric film formation paste on this electrode 14 and drying at 120 degrees C for 10 minutes, it calcinated at 1300 degrees C for 3 hours, and the piezo electric crystal 12 was formed. Furthermore, by forming the up electrode 14 on a piezo electric crystal 12, and impressing an electrical potential difference between two electrodes like the lower electrode 14, polarization processing was performed and the viscosity measuring device as shown in drawing 4 was

obtained.

[0039] As mentioned above, it joined by calcinating the piezo electric crystal vibrator 10 and a diaphragm 20, and really fabricating in this example, and the adhesives of an organic system etc. were not used. Therefore, since degradation of adhesives does not take place according to the class of fluid even if it is the operation which contacts a fluid to a vibrator 10 side even if, the viscosity measuring device of this example is excellent in endurance, while being able to operate it under an elevated temperature. Moreover, the adhesives which act as shock absorbing material do not exist, but since piezo electric crystal vibrator and the oscillating section can moreover be made thin, it will excel in detection precision.

[0040] Next, the viscosity measuring device obtained as mentioned above was immersed in the silicone oil of viscosity 10-5000cSt, and the cavernous section 36 was filled up with silicone oil through the breakthrough 38. Vibrator 10 was operated and viscosity and a loss factor were measured. The obtained result is shown in drawing 9. Since according to this example from drawing 9 change of a loss factor becomes small to change of the viscous drag of silicone oil, it will converge on Da mostly and a loss factor D will become fixed if 1000cSt is exceeded although viscosity can be measured with a sufficient precision in the range of 10-1000cSt, it turns out that it is difficult to measure the viscosity exceeding 1000cSt with a sufficient precision. If viscosity exceeds 1000cSt(s), since the elastic property of vibrator 10 will become smaller than the mechanical resistance received from a fluid, this originates in it becoming impossible to vibrate regardless of vibrator to the viscous drag of a fluid, and a loss factor D becoming almost fixed at it.

[0041] (Example 4) In the viscosity measuring device produced in the example 3, except having changed the magnitude of the diameter of a breakthrough 38, the same actuation as an example 3 was repeated, and the relation between viscosity as shown in drawing 10, a loss factor, and a breakthrough diameter was obtained. Drawing 10 shows the behavior of loss resistance D when the mechanical resistance which vibrator receives from a fluid changes by changing the magnitude of the diameter of a breakthrough 38. By also being able to express this drawing like drawing 11 (referring to drawing 9), changing the magnitude of a breakthrough diameter and adjusting flow resistance from drawing 11, shows that the measurement of viscosity in a large area becomes possible.

[0042] (Example 5) The example of further others of the viscosity measuring device of this invention is shown in drawing 5 and drawing 6. In addition, the same sign is substantially given to the same member with the above-mentioned member, and the explanation is omitted. In drawing 5 and drawing 6, with this viscosity measuring device, spacer 32' is used instead of the above-mentioned frame 32, and the breakthrough is not drilled in base-plate 34'. And this base-plate 34' functioned as a baffle plate at the time of a fluid flowing, and has specified obstruction field 36' which increases the flow resistance of a fluid. Next, as a result of setting the dimension of above-mentioned obstruction field 36' to 2mm(length) x0.7mm(width) x0.1mm (thickness) and performing measurement of viscosity like an example 3, the result equivalent to drawing 9 was obtained.

[0043] (Example 6) Using the viscosity measuring device produced in the example 3, it was immersed in above-mentioned silicone oil, and measurement of a signal level, the amplitude of vibrator 10, and a loss factor was performed, and the obtained result was shown in a table 1. In this viscosity measuring device, the amplitude of the vibrator accompanying measurement of viscosity is 0.0003-0.0564 micrometers, and a table 1 shows hardly being accompanied by the amplitude.

[0044]

[A table 1]

V (V)	振幅 ( $\mu$ m)			損失係数 D		
	粘度			粘度		
	10cSt	100cSt	1000cSt	10cSt	100cSt	1000cSt
1	0.0564	0.0203	0.0196	585	203	142
0.8	0.0504	0.0180	0.0174	584	202	141
0.8	0.0429	0.0157	0.0148	580	200	139
0.7	0.0374	0.0139	0.0117	569	198	138
0.6	0.0310	0.0113	0.0111	562	195	136
0.5	0.0259	0.0094	0.0093	585	188	130
0.4	0.0212	0.0077	0.0075	536	186	129
0.3	0.0183	0.0066	0.0065	536	187	131
0.2	0.0117	0.0042	0.0040	539	186	129
0.1	0.0060	0.0022	0.0020	530	185	129
0.09	0.0053	0.0019	0.0018	538	186	129
0.08	0.0049	0.0017	0.0016	529	184	128
0.07	0.0041	0.0015	0.0015	529	183	127
0.06	0.0039	0.0014	0.0013	536	186	130
0.05	0.0029	0.0011	0.0010	545	187	130
0.04	0.0031	0.0012	0.0012	532	185	128
0.03	0.0021	0.0008	0.0007	533	185	129
0.02	0.0011	0.0003	0.0004	532	184	129

[0045] (Example 7) The component for property measurement and property measuring device of a fluid which have the same basic configuration as the viscosity measuring device shown in drawing 3 and drawing 4 are explained. The component for property measurement of this fluid equips both sides of a piezo electric crystal 12 with the piezo electric crystal vibrator 10 which joins an electrode 14 and changes, the diaphragm 20 which is the 1st ceramic plate which contacted one electrode 14, the frame 32 which is the 2nd ceramic plate which joined to the rear face of a diaphragm (the 1st ceramic plate) 20, and the base plate (covering device material) 34 which is laying the frame (the 2nd ceramic plate) 32.

[0046] The lead section 16 of the above-mentioned electrode 14 is connected to a monitor means to detect oscillating change of piezo electric crystals, such as an oscillator which is not illustrated and a loss factor monitor means, or a resonance frequency measurement means, and the property measuring device of a fluid is constituted. Moreover, only the circumference of a edge is fixed with a frame (the 2nd ceramic plate) 32, and a diaphragm (the 1st ceramic plate) 20 can be vibrated according to the vertical vibration of a piezo electric crystal 12. In the component for property measurement and property measuring device of the above-mentioned fluid, the cavernous section 36 is formed with rear-face 20r of a diaphragm (the 1st ceramic plate) 20, the frame (the 2nd ceramic plate) 32, and the base plate (covering device material) 34, and the fluid which should measure a property has composition which can frequent the cavernous section 36 through the breakthrough 38 drilled by the base plate (covering device material) 34. The above-mentioned cavernous section 36 achieves the function as an obstruction which increases the flow resistance of the fluid which exists in the cavernous section 36 according to an oscillation of vibrator 10 and a diaphragm (the 1st ceramic plate) 20.

[0047] In the component for property measurement and property measuring device of this fluid, since it excels in corrosion resistance in constituting the wall which constitutes the cavernous section 36 from a ceramic ingredient, it is effective in measuring properties, such as viscosity of acidic solutions, such as a

sulfuric acid, a nitric acid, a hydrochloric acid, a sodium chloride, and a sodium carbonate, or a basic solution, concentration, and a consistency. Therefore, since it can use for management of dc-battery liquid density or dc-battery liquid concentration, the property measuring device of this fluid can be effectively used, in case it acts as the monitor of the life of a dc-battery.

[0048] Thus, although it is desirable to form a diaphragm (the 1st ceramic plate) and a frame (the 2nd ceramic plate) with a ceramic ingredient among the component for property measurement of a fluid and a property measuring device, the glass component which generally originates in sintering acid deposits on the front face, and a ceramic ingredient (sintered compact) has the bad wettability to a fluid, especially a liquid generally. Since the adhesive property of vibrator is secured by this glass component, the side in which the piezo electric crystal vibrator of a diaphragm (the 1st ceramic plate) is arranged does not carry out removing a glass component, but it is desirable [ the side which, on the other hand, counters the base plate (covering device material) of a diaphragm (the 1st ceramic plate) ] to remove a glass component in order to secure the wettability to a liquid.

[0049] Clearance of the above-mentioned glass component can be performed by approaches, such as chemical preparation [ , such as hydrofluoric acid treatment, ], mechanical polish, and blasting processing. Especially, since it is desirable to make it thin from a viewpoint of an oscillation of piezo electric crystal vibrator as for the thickness of a diaphragm (the 1st ceramic plate), it is desirable to remove a glass component by chemical preparation, such as hydrofluoric acid treatment, in view of breakage prevention of a ceramic plate. Moreover, as construction material of a base plate (covering device material), although it is not necessary to necessarily consider as a ceramic, when measuring corrosive liquids, such as an acidic solution, it is desirable to consider as the organic resin which has corrosion resistance, such as polyethylene and a fluororesin.

[0050] (Example 8) The component for property measurement of the fluid of drawing 4 was manufactured like the manufacture approach explained in the example 3. In addition, fluoric acid of 55% of concentration was made immersed in the cavernous section 36 of drawing 4 for 10 minutes, and the glass component was removed. Thus, the cavernous section 36 of the component for property measurement of the obtained fluid was filled up with the sulfuric acid of 10 - 50% of concentration, vibrator 10 was vibrated, and resonance frequency was measured. The obtained result is shown in drawing 15 . This example shows that sulfuric-acid concentration can be measured with a sufficient precision in 10 - 50% of range.

[0051] As mentioned above, although the example explained this invention, this invention is not limited to these examples and various deformation implementation is possible for it within the limits of the summary of this invention. For example, about the cavernous section 36 or obstruction field 36', if it is the configuration which can increase the flow resistance of a fluid, it is enough and the configuration, a dimension, the number of a breakthrough, etc. can be suitably changed according to the description of a fluid etc. In addition, as for the dimension of a breakthrough 38, it is desirable to carry out to below one (m<sup>2</sup>/m) as (area/die length). Moreover, as for the thickness of a frame 32 and spacer 32', it is desirable for it to be referred to as 50 micrometers or more, and to constitute the area of a base plate 34 and 34' greatly suitably. Moreover, it is not necessary to necessarily make the piezo electric crystal vibrator 10 into one piece, and it may be prepared. [ two or more ]

[0052] Furthermore, although the viscosity measuring device was produced by really calcinating a ceramic ingredient, it is not limited to this, and a trembler 10, a diaphragm 20, a frame 32, and base-plate 34 grade may be produced with another object, and may be made to connect mutually in an example 3 etc. Moreover, in an example 5, spacer 32' may be metal and can join both appropriately by carrying out metallizing of the diaphragm 20 etc. In addition, as a piezo electric crystal trembler 10, it is possible to take the structure of a uni-morph, bimorph, and a mono-morph.

[0053] Moreover, the frequency fixed power source fixed to the frequency near [ corresponding to Db shown in drawing 7 as a power source for vibrating vibrator not only to the frequency adjustable power source shown in drawing 1 but to predetermined vibrator ] the frequency can be mentioned, and further, as shown in drawing 12 , that which is called at the oscillator circuit of the self-excitation type which does not use a special frequency source of release can be illustrated. Among these, especially since the thing of a format which vibrates vibrator by the oscillator circuit of a self-excitation type can produce the power source itself cheaply, it is desirable. In addition, although drawing 12 showed the example of the oscillator circuit using a transistor, it is also possible to use what used the CMOS inverter, the TTL inverter, the comparator, etc. suitably.

[0054]



[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, it writes controlling appropriately the relation of the elastic property of a piezo electric crystal and the viscous drag of a fluid which constitute vibrator, and even if it is the fluid of a floating condition, repeatability can improve measurement of viscosity simply, and the viscosity measuring device which can moreover be measured good irrespective of the size of the viscosity of a fluid can be offered. Moreover, according to this invention, the component for property measurement and property measuring device of a fluid effective in measuring properties, such as viscosity of acidic solutions, such as a sulfuric acid, a nitric acid, a hydrochloric acid, a sodium chloride, and a sodium carbonate, or a basic solution, concentration, and a consistency, can be offered. Therefore, it can use for management of dc-battery liquid density or dc-battery liquid concentration, and in case it acts as the monitor of the life of a dc-battery, it can use effectively.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

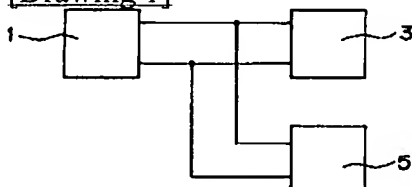
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

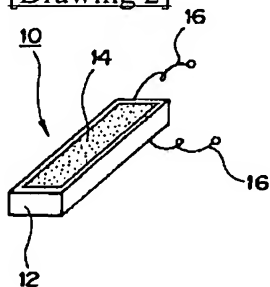
DRAWINGS

---

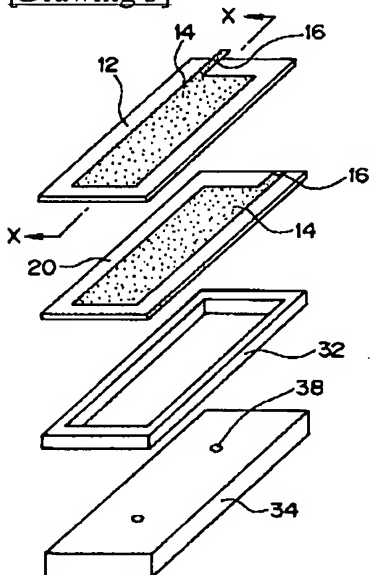
[Drawing 1]



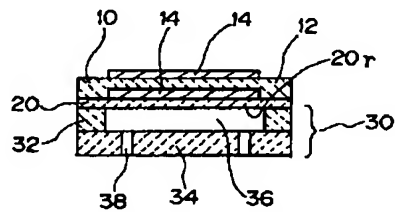
[Drawing 2]



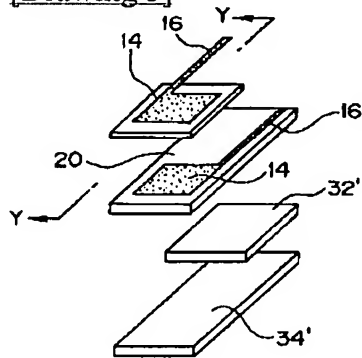
[Drawing 3]



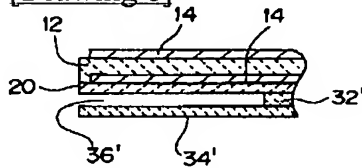
[Drawing 4]



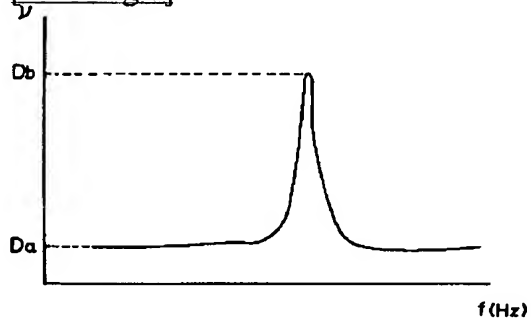
[Drawing 5]



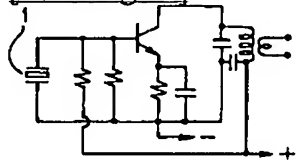
[Drawing 6]



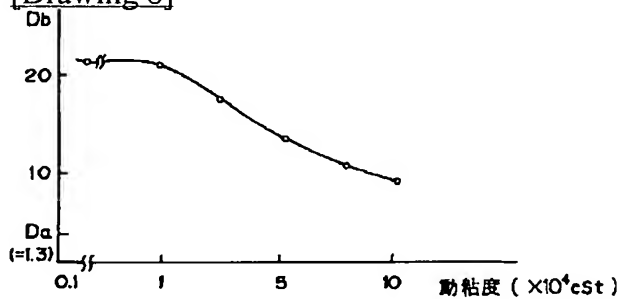
[Drawing 7]



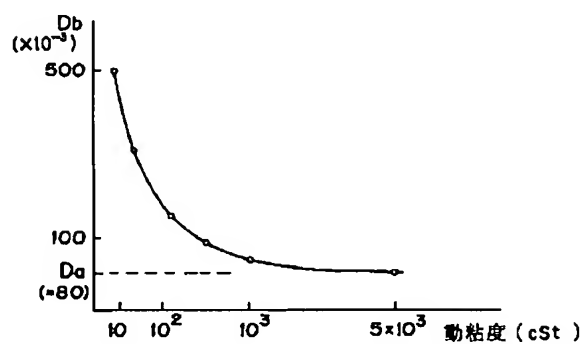
[Drawing 12]



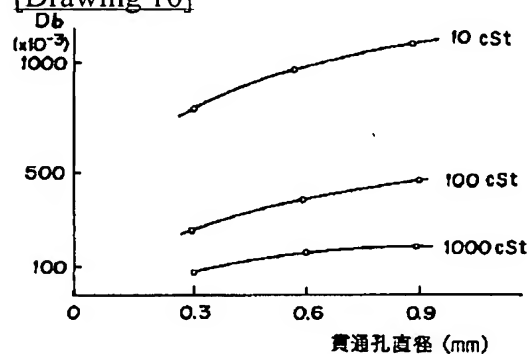
[Drawing 8]



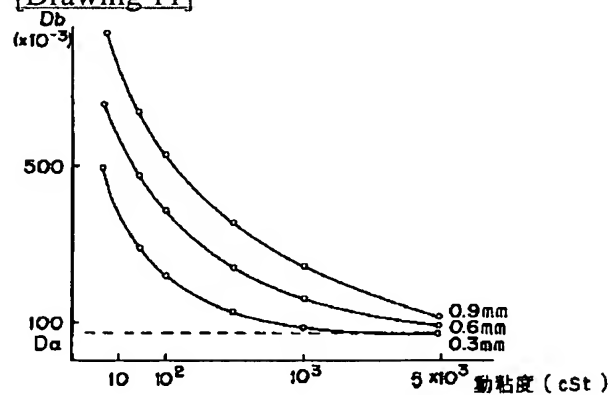
[Drawing 9]



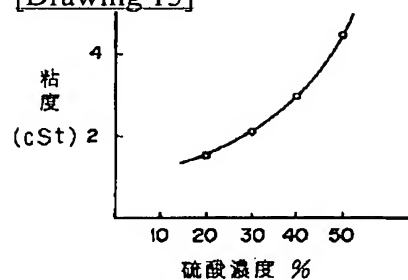
[Drawing 10]



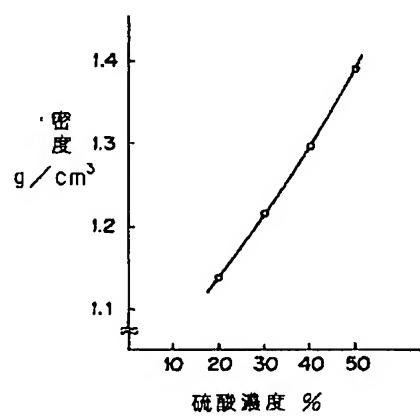
[Drawing 11]



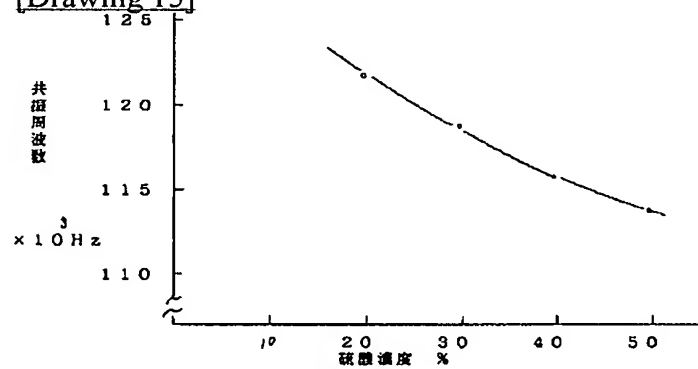
[Drawing 13]



[Drawing 14]



[Drawing 15]



---

[Translation done.]